

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
”Київський політехнічний інститут”

**„ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ
ТА ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ”**

Навчальний посібник

„Енергетичні системи та комплекси.
Системи виробництва та розподілу енергії”

Київ
НТУУ «КПІ»
2011

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
”Київський політехнічний інститут”

**„ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ
ТА ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ”**

Навчальний посібник.

до курсу

„Енергетичні системи та комплекси.

Системи виробництва та розподілу енергії”

для студентів напрямів підготовки

6.050701 «Електротехніка та електротехнології»,

6.050601 – «Теплоенергетика»

Рекомендовано Методичною радою НТУУ „КПІ”

Київ
НТУУ «КПІ»

2011

УДК 658.264
ББК 31.38я73
В 42

Гриф надано Методичною радою НТУУ „КПІ”
(Протокол № 5 від 3 лютого 2011 р.)

Рецензенты:

І.С. Долгополов, к.т.н., доцент,
Дніпродзержинського державного
технічного університету

О.І. Єщенко, к.т.н., доцент,
Державної академії
житлово-комунального господарства

Відповідальний редактор

В.І. Дешко, д-р техн. наук, проф.,
Национальный технический университет Украины
”Киевский политехнический институт

В 42 Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання [Текст] : навч. посіб. /В.В.Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 116 с.

Наведено різні методики визначення теплового навантаження будівель та теоретичні основи розрахунків і вибору систем теплопостачання, наприклад розрахунку та довідкові дані.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Енергетичний менеджмент».

УДК 658.264
ББК 31.38я73
В 42

**В.В. Дубровська,
В.І. Шкляр, 2011**

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАЧІВ	5
2 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	7
2.1 Визначення втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції...	8
2.2 Розрахунок теплового навантаження будівлі за збільшеними показниками.....	20
2.3 Розрахунок теплового навантаження будівлі на базі поняття градусо - діб.....	24
3 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАДХОДЖЕНЬ ДО ПРИМІЩЕННЯ	27
3.1 Теплонадходження від людей.....	27
3.2 Теплонадходження від електроустаткування і приладів.....	28
3.3 Теплонадходження від освітлювальних приладів.....	30
3.4 Теплонадходження від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів.....	30
3.5 Теплонадходження від сонячної радіації.....	31
4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ ТА ІНФІЛЬТРАЦІЮ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ	36
5 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ПАРИ	47
5.1 Розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання побутових теплоспоживачів.....	47
5.2 Розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання промислових теплоспоживачів.....	52
5.3 Розрахунок витрати теплоти на виробництво пари	53
6 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	54
6.1 Визначення теплового навантаження будівлі.....	54
6.2 Аналіз структури системи теплопостачання.....	62
7 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ БУДІВЛІ	76
7.1 Визначення втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції.....	79
7.2 Розрахунок втрат теплоти на вентиляцію та гаряче водопостачання.....	79
7.3 Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі....	84
7.4 Розрахунок теплового навантаження будівлі за збільшеними показниками та методом градусо-діб.....	86
7.5 Вибір джерела теплопостачання.....	87
8 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	88
БІБЛІОГРАФІЯ	89
ДОДАТКИ	93

ВСТУП

Дисципліна „Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії” знайомить студентів з характеристиками споживачів, основними елементами та розрахунками систем постачання стисненого повітря, теплопостачання, газо- та водопостачання, вентиляції та кондиціонування приміщень.

Дана дисципліна передбачає навчити студента розраховувати теплові втрати будівель та споруд; обирати теплові схеми джерел теплопостачання та устаткування для них.

Навчальний посібник націлений на ознайомлення студентів з різними методиками визначення теплового навантаження будівель з подальшим вибором джерела для його покриття.

Проведення розрахунків дозволить студентам поглибити знання з дисципліни „Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії”; визначати теплові втрати крізь огорожувальні конструкції в оточуюче середовище; визначати теплові надходження; навчитися користуватися будівельними нормами, довідниками та методичними посібниками; обирати котельні агрегати або теплові насоси для покриття теплового навантаження; обчислювати річну витрату палива. Набуті навички стануть в пригоді у подальшому навчанні при вивченні курсів „Енергетичний аудит”, „Енергозбереження в будівлях” та „Енергозбереження в промисловості”.

Посібник включає теоретичні основи розрахунків та вибору систем теплопостачання, приклад розрахунку та довідкові дані.

Матеріали, які викладені в навчальному посібнику, допоможуть при проектуванні систем теплопостачання, виконанні курсових і дипломних проектів та проведенні енергетичного аудиту різних об’єктів.

1. КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАЧІВ

Завданням тепlopостачання є забезпечення заданих комфортних умов в опалювальних приміщеннях. Вирішення цієї задачі залежить від правильної роботи джерела теплоти, зовнішніх і внутрішніх тепломереж і теплоізоляції будівлі. Порушення правильної роботи будь-якого з цих елементів, які зазвичай належать і експлуатуються різними власниками, призводить до перевитрат енергоносіїв на опалення і порушення температурного режиму в опалювальних об'єктах.

Тепlopостачання будівлі забезпечує роботу наступних систем: опалення Q_O , вентиляції Q_B , гарячого водопостачання $Q_{ГВ}$, кондиціонування повітря $Q_{КОН}$ та промислового паропостачання $Q_{ПП}$:

$$Q = Q_O + Q_B + Q_{ГВ} + Q_{КОН} + Q_{ПП} \quad (1)$$

Задачею системи опалення будівлі є підтримка заданої температури усередині приміщень, в той час, як температура навколишнього середовища може значно змінюватися залежно від сезону і суттєво залежить від географічного розташування. Для забезпечення заданого режиму необхідно компенсувати втрати теплоти, що виникають внаслідок різниці температур, за рахунок підведення теплової енергії з системи опалення, яку розраховують і проектують на найбільш холодний період року з визначальними параметрами зовнішнього середовища: температура зовнішнього повітря - t_3 , $^{\circ}\text{C}$ і швидкість вітру - w_B , м/с.

Теплове навантаження теплоспоживачів буває сезонне та цілорічне. До сезонного навантаження відноситься опалення та вентиляція, які змінюються протягом опалювального сезону і залежать тільки від температури зовнішнього повітря. Діючими в нашій країні будівельними нормами і правилами тривалість опалювального періоду визначається за кількістю

днів із стійкою середньодобовою температурою $+8^{\circ}\text{C}$ і нижче [1]. Він починається для побутових споживачів тоді, коли температура зовнішнього повітря стає нижчою $+8^{\circ}\text{C}$ протягом трьох діб підряд, і закінчується коли температура стає більшою $+8^{\circ}\text{C}$ протягом трьох діб підряд. Для економного використання палива вельми важливе значення має вибір початку і кінця опалювального сезону для житлових і громадських будівель, що звичайно регламентуються місцевими органами влади.

Однак, відомо, що не можна залишати житлові і громадські будівлі без опалення протягом тривалого часу при зовнішній температурі нижче $+10 - +12^{\circ}\text{C}$, оскільки це приводить до помітного зниження внутрішньої температури в приміщенні.

Перехід від директивної економіки до ринкової у принципі знімає які-небудь обмеження в призначенні тривалості опалювального періоду. Цю тривалість (початок і кінець) визначає споживач теплової енергії - абонент енергопостачальної організації. В той же час для енергопостачальної організації важливо знати тривалість періоду, протягом якого матиме місце попит на теплоту, що підлягає задоволенню енергопостачальною організацією. Такий попит на теплоту повинен визначатися, як правило, на підставі багаторічних статистичних даних з урахуванням прогнозу зростання (зниження) приєднаних до теплових мереж теплових навантажень. Норми ДБН та ДСТУ повинні застосовуватися в основному при вирішенні проектних, а не експлуатаційних задач.

Для промислових підприємств опалювальний сезон починається тоді, коли потужність внутрішніх тепловиділень в цехах стає менше потужності теплових втрат в оточуюче середовище цехами, і закінчується коли потужність внутрішніх тепловиділень стає більше потужності теплових втрат при деякій температурі зовнішнього повітря.

До цілорічного навантаження відносяться гаряче водопостачання, промислове паропостачання і кондиціонування повітря.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Теплова потужність опалювальних приладів системи опалення будівлі визначається на основі теплового балансу приміщення, Вт:

$$Q_O = Q_{ВТР} - Q_{НАД}, \quad (2)$$

де $Q_{ВТР}$ - теплові втрати приміщення, Вт; $Q_{НАД}$ - теплові надходження приміщення, Вт.

В будівлях, спорудах і приміщеннях для підтримання на протязі опалювального періоду внутрішньої температури на заданому рівні зіставляються тепловтрати і теплонадходження в розрахунковому сталому режимі, коли можливий найбільший дефіцит теплоти.

У виробничих будівлях тепловий баланс складають з урахуванням інтервалу технологічного циклу з мінімальним рівнем теплонадходжень. У житлових будівлях враховуються побутові тепловиділення.

Тепловтрати в приміщенні в загальному вигляді складаються з:

$$Q_{ВТР} = Q_{ОГР} + Q_{ИНФ} + Q_{МАТ} + Q_{ТЕХ}, \quad (3)$$

де $Q_{ОГР}$ - тепловтрати крізь огорожувальні конструкції (рис.1);

$Q_{ИНФ}$ – теплота на нагрівання зовнішнього повітря в об'ємі інфільтрації або санітарної норми;

$Q_{МАТ}$ – теплота на нагрівання матеріалів, обладнання, транспорту, що надходить до приміщення зовні;

$Q_{ТЕХ}$ - тепловтрати внаслідок випаровування рідини та інших ендотермічних технологічних процесів.

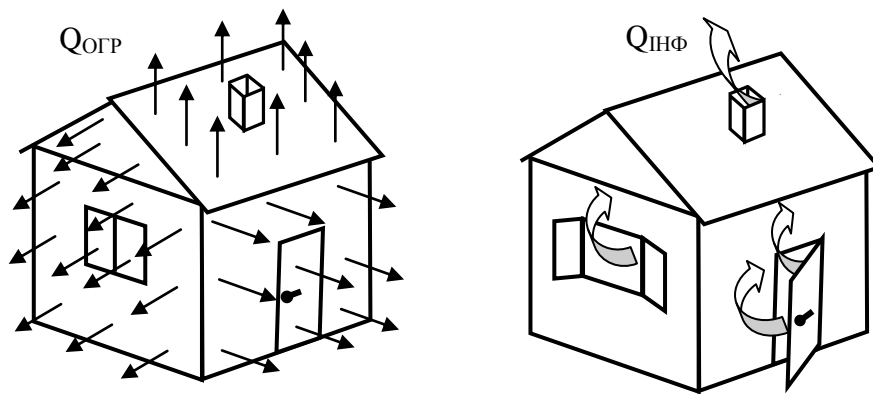


Рис.1. Теплові втрати в навколишнє середовище крізь огорожувальні конструкції та за рахунок інфільтрації.

2.1 Визначення втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції

Теплові втрати приміщення крізь огорожувальні конструкції - Q_{OGR} визначаються як сума тепловтрат крізь кожен з них:

$$Q_{OGR} = Q_{OGR}^{СТ} + Q_{OGR}^{ВІК} + Q_{OGR}^{ДВ} + Q_{OGR}^{ДАХ} + Q_{OGR}^{ПЛ} \quad (4)$$

де: $Q_{OGR}^{СТ}$; $Q_{OGR}^{ВІК}$; $Q_{OGR}^{ДВ}$; $Q_{OGR}^{ДАХ}$; $Q_{OGR}^{ПЛ}$ - відповідно теплові втрати крізь стіни, вікна, двері, стелю (дах) та підлогу.

Ці втрати обумовлені теплопередачею крізь теплоізоляційні матеріали з яких побудована споруда, залежать від розмірів поверхні будівлі та пропорційні різниці температур між повітрям в приміщенні і зовнішнім повітрям [2-5].

Тепловтрати крізь будь-яку огорожувальну конструкцію визначаються за формулою:

$$Q_{OGR} = \frac{1}{R_0} F(t_B - t_{P.O.})(1 + \sum \beta)n, \quad (5)$$

де F - площа певної поверхні огорожувальної конструкції, m^2 ;

R_0 - опір теплопередачі огороження, $(m^2 K)/Вт$, визначається згідно [2]

(крім підлоги на ґрунті) з урахуванням існуючих нормативів мінімального термічного опору огородження;

$t_{\text{в}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, приймається згідно з вимогами до норм проектування будівель різного призначення з урахуванням підвищення її в залежності від висоти приміщення (додаток табл. Д 1);

$t_{\text{р.о.}}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, $^{\circ}\text{C}$.

У [3] наведені дві групи параметрів навколишнього повітря:

– параметри А – для систем вентиляції, повітряного душу та комфортно-го кондиціонування в теплий період року;

– параметри Б – для систем опалення, вентиляції, повітряного душу і кондиціонування в холодний період року та технологічного кондиціонування в теплий період року.

Характеристики зовнішнього повітря для житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщень визначають за параметром Б (додаток табл. Д 2);

n - коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур ($t_{\text{в}}$ – $t_{\text{р.о.}}$), залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря згідно [2] та (табл. 1);

$\Sigma\beta$ - сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, які враховуються для зовнішніх вертикальних і похилих огорожувальних конструкцій будівлі, але не більше 20%:

а) в приміщеннях будь-якого призначення крізь зовнішні вертикальні і нахилені (вертикальна проекція) стіни, двері і вікна, орієнтовані на північ, схід, північний-схід і північний-захід в розмірі 0,1 на південний-схід і захід – в розмірі 0,5 (див. рис. 2); в кутових приміщеннях додатково – по 0,05 на

кожну стіну, двері і вікно, якщо одна з огорож орієнтована на північ, схід, північний-схід і північний-захід і 0,1 – в інших випадках;

Таблиця 1.

Значення коефіцієнта n [6].

Огороджувальні конструкції	n
Зовнішні стіни і покриття (в тому числі вентиляюємих зовнішнім повітрям), перекриття горища (з дахом з штучних матеріалів) і над проїздами; перекриття над холодними (без захищаючих стінок) підпіллями в північній будівельно-кліматичній зоні	1
Перекриття над холодними підвалами, що сполучаються із зовнішнім повітрям, перекриття горищ (з дахом з рулонних матеріалів); перекриття над холодними (із захисними стінками) підпіллями і холодними поверхами в північній будівельно-кліматичній зоні	0,9
Перекриття над неопалювальними підвалами з світловими отворами в стінах	0,75
Перекриття над неопалювальними підвалами без світлових отворів в стінах, розташованими вище рівня землі	0,6
Перекриття над неопалювальними технічними підпіллями, розташованими нижче рівня землі	0,4

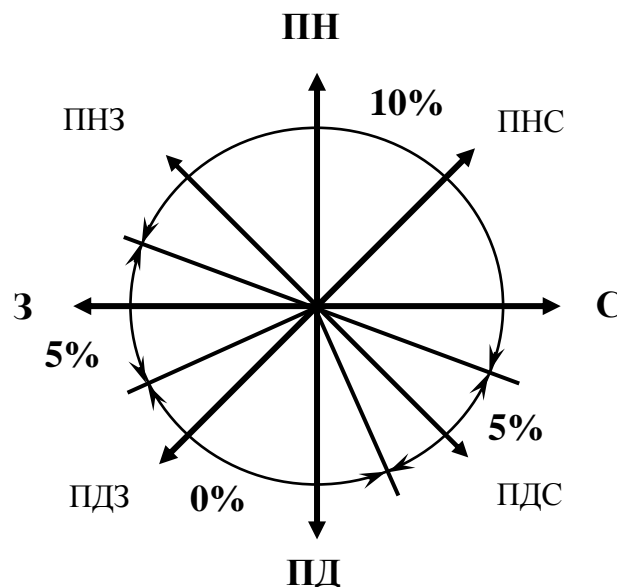


Рис.2. Додаткові тепловтрати крізь огороджувальні конструкції в залежності від орієнтації будівлі [7].

б) в приміщеннях, які розробляються для типового проектування, крізь стіни, двері і вікна і орієнтовані на будь-яку з сторін світу в розмірі 0,08 при одній зовнішній стіні і 0,13 для кутових приміщень (крім житлових), а у всіх житлових приміщеннях – 0,13;

в) крізь неопалювальну підлогу першого поверху над холодними підпіллями будівель в місцевостях з розрахунковою температурою зовнішнього повітря мінус 40⁰ і нижче (параметри Б) – в розмірі 0,05.

г). крізь зовнішні двері не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами при висоті приміщень Н від середньої планувальної відмітки землі до верху карниза, центра витяжних отворів ліхтаря або устя шахти у розмірі:

0,2 Н – для потрійних дверей з двома тамбурами між ними;

0,27 Н – для подвійних дверей з тамбурами між ними;

0,34 Н – для подвійних дверей без тамбура;

0,22 Н – для одинарних дверей;

д) крізь зовнішні ворота, не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами, в розмірі 3 при відсутності тамбура і в розмірі 1 при наявності тамбура у воріт.

Опалювальна площа будинку визначається як площа поверхів (у тому числі мансардного, опалювального цокольного та підвального) будинку, яка вимірюється у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що включає площу, яку займають перегородки і внутрішні стіни. При цьому площа сходових клітин і ліфтових шахт включається до площі поверху.

В опалювальну площу будинку не включаються площі теплих горищ і підвалів, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, неопалювальних сходових клітин, а також холодно-го горища або його частини, не зайнятої під мансарду.

Для підземних автостоянок опалювальний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою.

При визначенні опалювальної площі мансардного поверху враховується площа з висотою до похилої стелі 1,2 м при нахилі 30° до горизонту; 0,8 м - при $45^\circ - 60^\circ$; при 60° і більше - площа вимірюється до плінтусу.

Площа житлових приміщень будинку визначається як сума площ усіх спільних кімнат (вітальень) і спалень.

Загальна площа зовнішніх стін (з врахуванням віконних і дверних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін по внутрішній поверхні на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних косяків глибиною від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блоку. Сумарна площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін і площі вікон і зовнішніх дверей.

Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). При похилих поверхнях стель останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

Розміри та площу поверхні зовнішніх і внутрішніх огорож будівлі при розрахунку тепловтрат приміщень визначають залежно від типу приміщення, прийнятої кількості вікон і дверей за матеріалами проектів (за планами та розрізами) на будівництво (рис. 3):

I. Висота стін першого поверху:

- якщо підлога знаходиться безпосередньо на ґрунті – h_1 - між рівнями смуг першого і другого поверхів;

- якщо підлога на лагах – h_2 - від зовнішнього рівня підготовки підлоги на лагах до рівня підлоги другого поверху;
- при неопалювальному підвалі або підпіллі – h_3 - від рівня нижньої поверхні конструкції підлоги першого поверху до рівня чистої підлоги другого поверху;
- в одноповерхових будівлях з горищем висота вимірюється від підлоги до верху теплоізоляційного шару перекриття.

2. Висота стін проміжного поверху - між рівнями чистої підлоги даного і вищерозміщеного поверхів (h_i), а верхнього поверху - від рівня його чистої підлоги до верху теплоізоляційного шару перекриття горища (h_4) або покриття даху.

3. Довжина зовнішніх стін в кутових приміщеннях - від краю зовнішнього кута до осі внутрішніх стін (l_1 і l_2), а в некутових - між осями внутрішніх стін (l_3).

4. Поверхня вікон ($a \times b$), дверей ($c \times d$) та ліхтарів - за якнайменшими розмірами будівельних отворів у світлі.

5. Поверхні стелі і підлоги над підвалами і підпіллями в кутових приміщеннях - за розмірами від внутрішньої поверхні зовнішніх стін до осей протилежних стін (m_1 і n_1), а в некутових - між осями внутрішніх стін (m_2) і від внутрішньої поверхні зовнішньої стіни до осі протилежної стіни (n_1).

6. Довжина внутрішніх стін - від внутрішніх поверхонь зовнішніх стін до осей внутрішніх стін (m_1 і n_1) або між осями внутрішніх стін (m_2 і n_2).

Для підрахунку поверхні огорожувальних конструкцій лінійні розміри приймаються з точністю до 0,1 м. Поверхні окремих огорожувальних конструкцій підраховуються з точністю до 0,1 м².

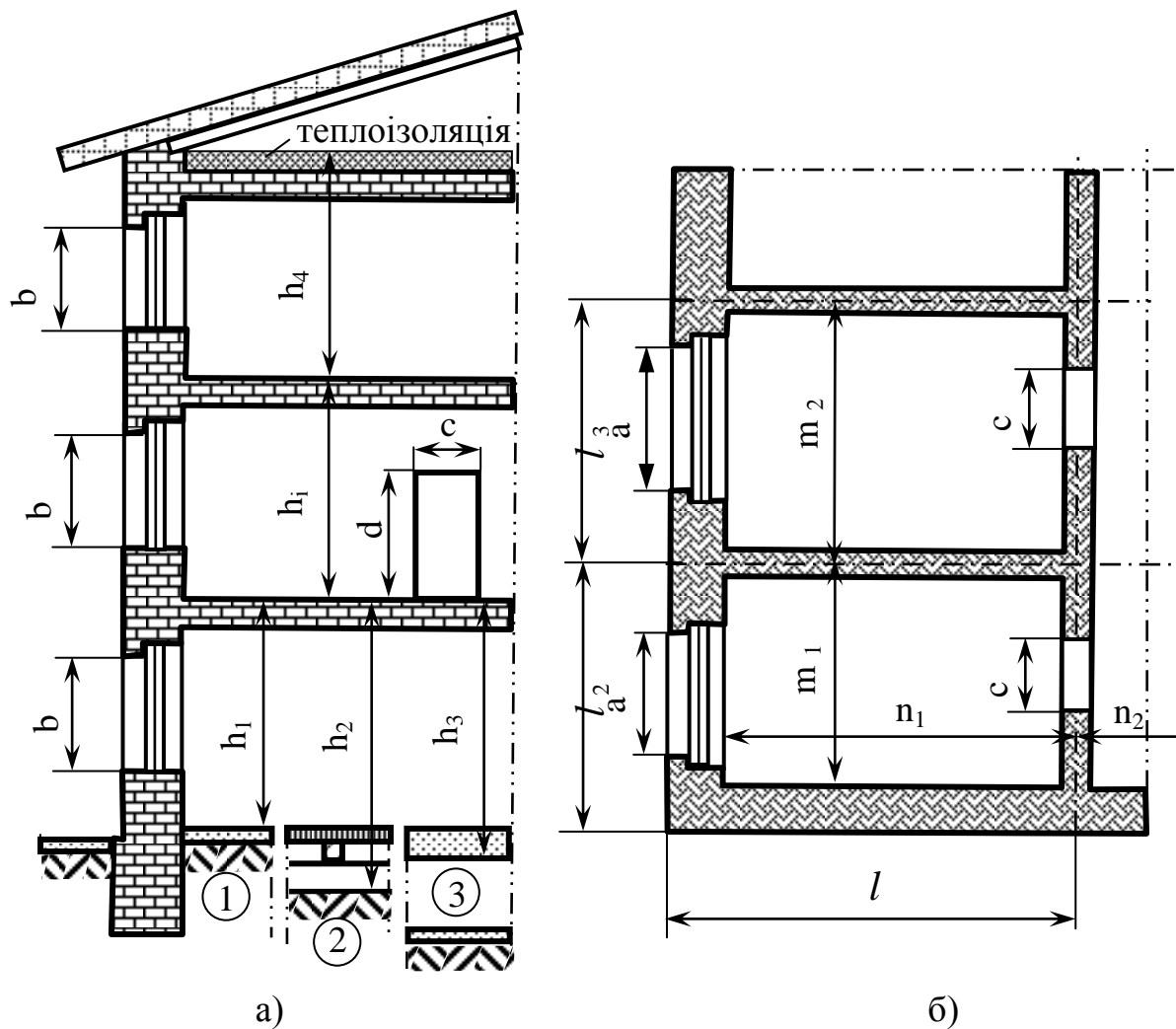


Рис. 3. Визначення розмірів огорожувальних конструкцій для визначення тепловтрат у приміщеннях: а - розріз; б - план.
Конструкції підлоги 1-го поверху: 1 - на ґрунті; 2 - на лагах; 3 - над неопалювальним приміщенням.

Опір теплопередачі R_0 розраховується для кожної огорожувальної поверхні за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (6)$$

де R_K - термічний опір огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$;

α_B і α_3 - коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній і зовнішній поверхнях огорожувальних конструкцій для зимових умов, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, приймають за даними таблиці 2.

Таблиця 2.

Значення коефіцієнтів тепловіддачі зовнішньої α_3 та внутрішньої α_B поверхонь огорожувальних конструкцій для зимових умов [2]

Тип конструкції	Коефіцієнт тепло- віддачі, Вт/(м ² К)	
	α_3	α_B
Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра h до відстані між гранями b сусідніх ребер $h/b \leq 0,3$ $h/b > 0,3$	8,7	23
	7,6	23
Перекриття горищ та холодних підвалів	8,7	12
Перекриття над холодними підвалами та технічними поверхнями, що розташовані нижче рівня землі	8,7	6
Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23

Термічний опір R_K , (м²К)/Вт, огорожувальної конструкції з однорідними шарами різних матеріалів, які розташовані послідовно за напрямком руху теплового потоку, визначається як сума термічних опорів окремих шарів (див. рис.4):

$$R_K = \sum_{i=1}^n R_i + R_{III} = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{III}, \quad (7)$$

де R_1, R_2, \dots, R_n - термічні опори окремих шарів огорожувальної конструкції, (м²К)/Вт;

R_{III} - термічний опір замкненого повітряного прошарку, (м²К)/Вт.

Термічний опір кожного i -го шару огорожувальної конструкції слід розраховувати за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (8)$$

де δ_i - товщина шару, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м К).

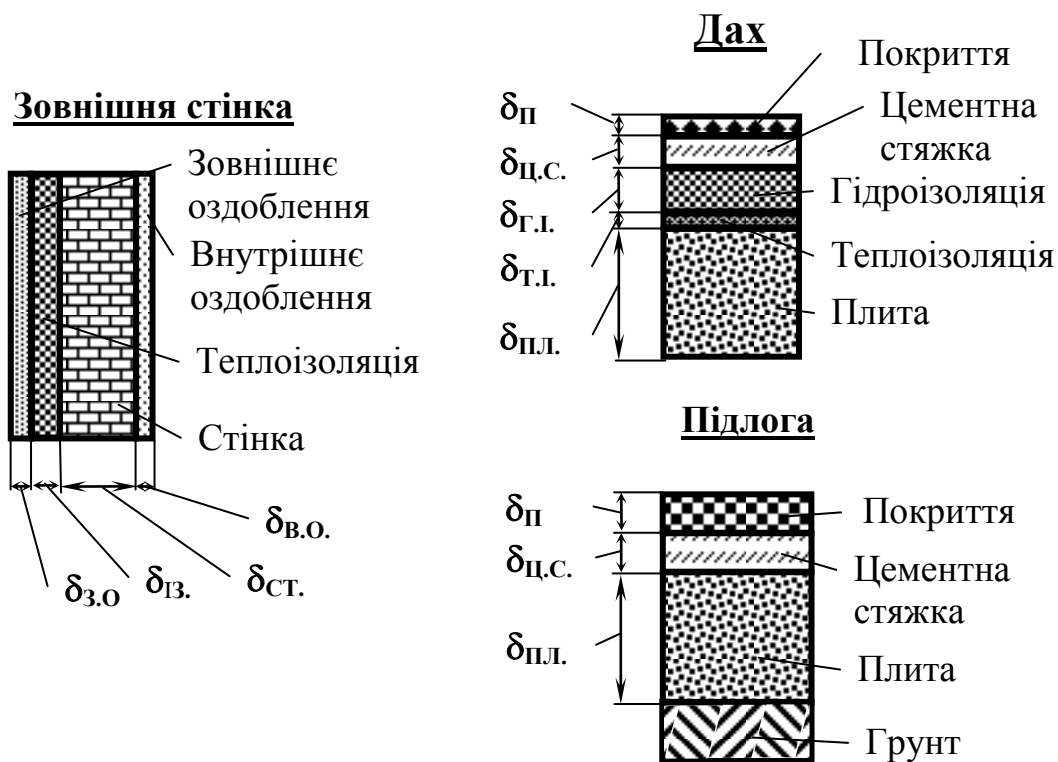


Рис. 4. Вертикальні розрізи зовнішньої стінки, даху та підлоги.

Теплотехнічні характеристики, у тому числі теплопровідність λ будівельних матеріалів, наведені у додатку табл. Д 6 – Д 13.

Опір теплопередачі $R_{пп}$ повітряних прошарків при зміні товщини прошарків від 10 до 300 мм коливається для горизонтальних прошарків від 0,129 до 0,240 Вт/(м²К).

Значення опору теплопередачі R_0 для вікон та дверей наведені у додатках табл. Д 14 – Д 15, або розраховуються відповідно за формулами (7)-(8).

Теплові втрати крізь внутрішні огорожі (невеликої площі) в прилеглих приміщеннях, які мають нижчу температуру повітря, допускається не враховувати при різниці температур 3 °С і менше. Визначені тепловтрати в прилеглих приміщеннях віднімаються від розрахункових тепловтрат приміщень (якщо вони опалюються) як теплонадходження.

Втрати теплоти крізь підлогу, розташовану на ґрунті або на лагах, підраховуються за зонами з урахуванням відстані зон від зовнішніх стін (рис.5) за формулою [8]:

$$Q_{\text{ОГР}}^{\text{ПЛ}} = \left(\frac{F_I}{R^I} + \frac{F_{II}}{R^{II}} + \frac{F_{III}}{R^{III}} + \frac{F_{IV}}{R^{IV}} \right) (t_B - t_{\text{P.O.}}), \quad (9)$$

де $F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ - площа відповідно першої, другої, третьої та четвертої зон, м^2 ;

$R^I, R^{II}, R^{III}, R^{IV}$ - термічний опір відповідно першої, другої, третьої та четвертої зон, $(\text{м}^2\text{K})/\text{Вт}$.

Смуга підлоги шириною 2 м, паралельна лінії зовнішньої стіни, називається зоною. Найближча до зовнішньої стіни зона вважається першою, подальші - другою і третьою, а вся решта частини підлоги - четвертою. Частина площі першої зони (2x2 м), яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі.

При визначенні тепловтрат крізь підлогу за формулою (9) приймаються наступні термічні опори відповідно до зон $R_{\text{Н.П.}}^i$:

а) для неутепленої підлоги на ґрунті термічний опір $R_{\text{Н.П.}}$, $(\text{м}^2\text{K})/\text{Вт}$, для окремих зон неутепленої підлоги (табл. 3);

Таблиця 3.

Зона	I	II	III	IV- площа підлоги, яка залишилася
Термічний опір, $(\text{м}^2\text{K})/\text{Вт}$	$R_{\text{Н.П.}}^I$	$R_{\text{Н.П.}}^{II}$	$R_{\text{Н.П.}}^{III}$	$R_{\text{Н.П.}}^{IV}$
	2,15	4,3	8,6	14,2

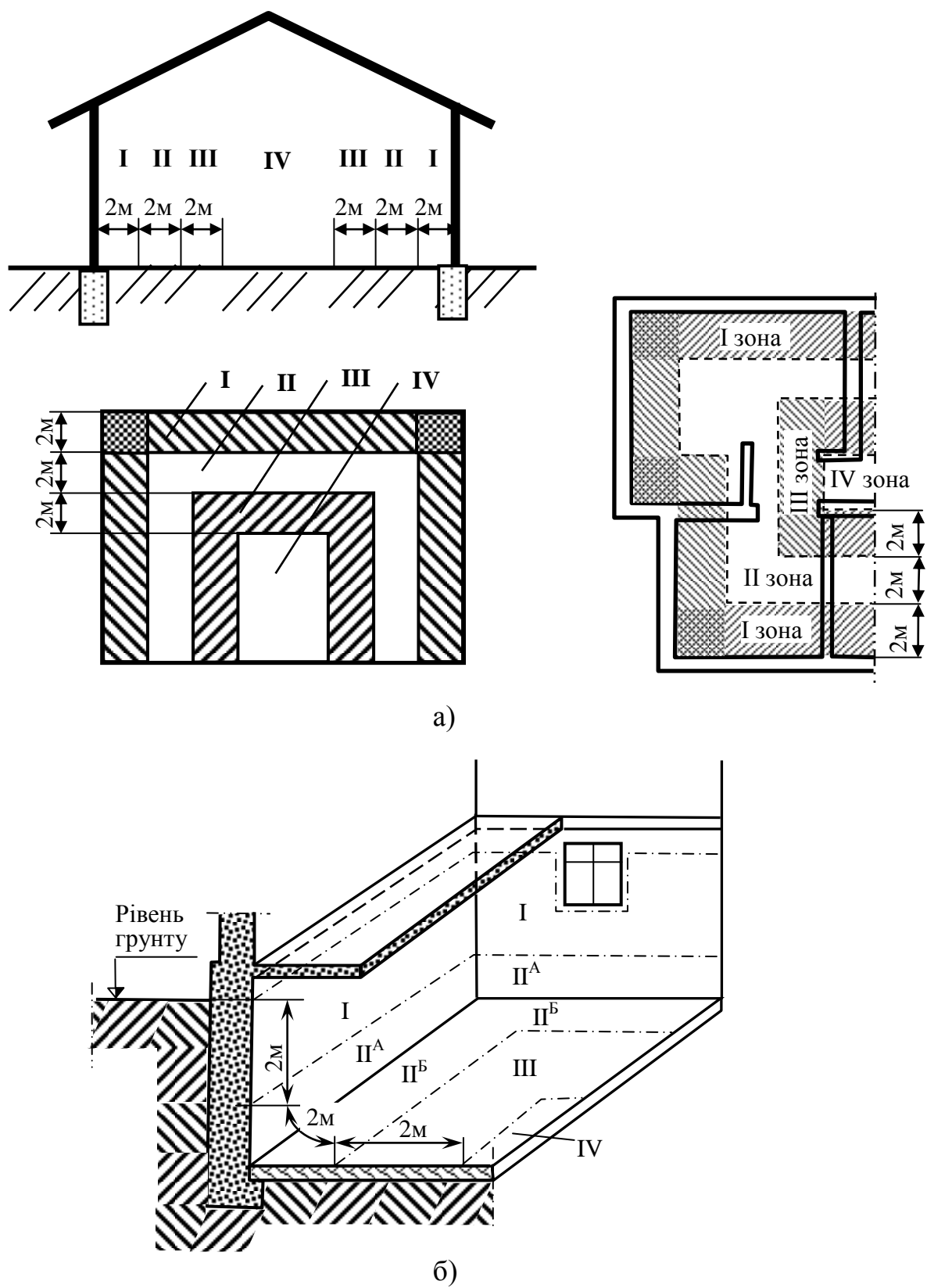


Рис. 5. До визначення теплових втрат крізь підлогу (а) та підвал (б) [9].

б) для окремої зони утепленої підлоги на ґрунті:

$$R_{у.п.}^i = R_{н.п.}^i + \sum \frac{\delta_{у.ш.}}{\lambda_{у.ш.}}, \quad (10)$$

де $R_{н.п.}^i$ - термічний опір неутепленої підлоги на ґрунті для окремої зони;

$\delta_{у.ш.}$ - товщина утеплюючих шарів, м;

$\lambda_{у.ш.}$ - теплопровідність утеплюючих шарів, Вт/(м К).

Підлога, яка розташована на ґрунті, вважається неутепленою, якщо її конструкція, незалежно від товщини підлоги, складається з шарів матеріалів, коефіцієнт теплопровідності кожного з яких $\lambda > 1,163$ Вт/(м К). Підлога, яка розташована на ґрунті, вважається утепленою, якщо її конструкція складається з шарів матеріалів, коефіцієнт теплопровідності яких $\lambda < 1,163$ Вт/(м К);

в) для підлоги на лагах:

$$R_{л} = 1,18 R_{у.п.} \quad (11)$$

Тепловтрати крізь підземну частину зовнішніх стін і підлогу опалюваного підвалу будівлі повинні розраховуватися так само, як і тепловтрати крізь підлогу, розташовану на ґрунті будівлі без підвалу, тобто за зонами шириною 2 м, з відліком їх від рівня землі (див. рис. 5.б). Підлоги приміщень в цьому випадку (при відліку зон) розглядаються як продовження підземної частини зовнішніх стін. Опір теплопередачі визначається так само, як і для неутепленої або утепленої підлоги. При цьому з площі першої зони виключають для окремого розрахунку площу зовнішніх стін та вікон, які знаходяться нижче рівня ґрунту та сполучаються з зовнішнім середовищем (прямою з вікном).

При визначенні основних та додаткових втрат теплоти крізь огоро-

джувальні конструкції приміщень вихідні та розраховані фактичні дані записують в спеціальний бланк для кращої організації техніки розрахунку (табл. 4, 5.) При цьому можливо визначати тепловтрати окремих приміщень, а потім підсумовувати загальні тепловтрати будівлі, або проводити розрахунки тепловтрат будівлі в цілому.

Огороджувальні конструкції (гр. 3) позначають скорочено початковими буквами: ЗС - зовнішня стіна, ВС - внутрішня стіна, Во - вікно з одинарним склінням, Вп - вікно з подвійним склінням, ПЛ - підлога, ПТ - перекриття, До - одинарні двері, Дп - подвійні двері, ПЛ I і ПЛ II - відповідно I і II зони підлоги і т.д.

Розрахунок тепловтрат крізь зовнішні стіни проводять без урахування площі вікон та дверей.

При визначенні тепловтрат крізь зовнішні двері та вікна використовують відповідні коефіцієнти теплопередачі та додаткові коефіцієнти.

Значення основних тепловтрат (гр. 9) є добутком даних, занесених в гр. 6, 7 і 8.

Розрахункові тепловтрати крізь огороджувальні конструкції (гр. 14) знаходять як добуток гр. 9 і 13. Коефіцієнт β (гр. 13) дорівнює одиниці плюс додаткові тепловтрати, виражені в частках одиниці.

2.2 Розрахунок теплового навантаження за збільшеними показниками

В будівельній практиці часто виникає необхідність визначити орієнтовні витрати теплоти на опалення будівель і споруд, щоб скласти проектне завдання по системі індивідуального теплопостачання чи котельній, замовити основне устаткування і матеріали, визначити річну витрату палива, розрахувати вартість системи опалення та ін.

Таблиця 4

Розрахунок характеристик огорожувальних конструкцій

[illegible]

Таблица 5

Розрахунок теплових втрат крізь огорожувальні конструкції

[illegible]

Такий попередній розрахунок витрат теплоти, Вт, на теплопостачання окремих будівель, а іноді цілого кварталу або мікрорайону, проводять за збільшеними показниками за формулою:

$$Q_O^{3П} = \alpha q_0 V_3 (t_B - t_{p.o.}), \quad (12)$$

де q_0 - питома теплова опалювальна характеристика певної будівлі, Вт/(м³К), приймається при $t_{p.o.} = -30$ °С, показує витрату теплоти на опалення 1 м³ будівлі при розрахунковій різниці температур в 1°С (додаток табл. Д 5);

α - коефіцієнт, що враховує вплив на питому теплову опалювальну характеристику реальних місцевих кліматичних умов, значення цього коефіцієнта, для житлових і громадських будівель наведено в таблиці 6;

V_3 - зовнішній об'єм опалюваної будівлі, м³.

Таблиця 6

Значення коефіцієнта перерахунку α

$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
α	2,05	1,974	1,898	1,822	1,746	1,670	1,626	1,582	1,538
$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17
α	1,494	1,450	1,418	1,386	1,354	1,322	1,290	1,266	1,242
$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26
α	1,218	1,194	1,170	1,152	1,134	1,116	1,098	1,080	1,064
$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35
α	1,048	1,032	1,016	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Зовнішній будівельний об'єм будівлі V_3 приймають за даними Української асоціації організацій технічної інвентаризації.

Будівельний об'єм наземної частини будівлі з неопалювальним горіщем визначається множенням площі горизонтального перерізу по зовнішньому виміру будівлі на рівні першого поверху вище цоколю на повну висоту будинку, виміряну від рівня чистої підлоги першого поверху до

верхньої площини теплоізоляційного шару перекриття горища, при безгорищних покрівлях - до середньої відмітки верхньої поверхні покрівлі.

Зовнішній будівельний об'єм підземної частини будинку $V_{\text{підв}}$ визначається множенням площі горизонтального розрізу за зовнішнім виміром будинку на рівні першого поверху вище цоколю на висоту, виміряну від рівня чистої підлоги першого поверху до рівня підлоги підвалу чи цокольного поверху.

При визначенні площі згаданого вище перерізу виступаючі на поверхні стін архітектурні деталі, а також ніші в стінах будинку та неопалювальні лоджії не враховуються.

При наявності опалювальних підвалів до одержаного таким шляхом об'єму будинку V_3 додають 40% кубатури опалювального підвалу $V_{\text{підв}}$.

Формула (12) може бути використана і для визначення орієнтовних тепловтрат окремих приміщень. В цьому випадку величина q_0 приймається з поправочним коефіцієнтом, що враховує розташування приміщення відповідно до плану (табл. 7).

Таблиця 7.

Поправочні коефіцієнти до значень q_0

Розташування приміщень згідно плану	Для поверхів			Для одноповерхової будівлі
	нижнього	середнього	верхнього	
Середні	1,1	0,8	1,3	0,9
Кутові	1,9	1,5	2,2	1,5

Якщо відома житлова площа опалювальної будівлі, то розрахунки ведуть за формулою:

$$Q_O^{\text{ЖП}} = q \cdot F_{\text{Ж}} \cdot 10^{-6}, \quad (13)$$

де $F_{\text{Ж}}$ – житлова площа опалювальної будівлі, м^2 ;

q – питомий показник максимальної витрати теплоти на опалення 1 м² житлової площі (табл. 8), Вт/м². Значення q для $t_{p.o.}$, які відрізняються від табличних, знаходяться методом інтерполяції.

Таблиця 8.

Значення q в залежності від температури зовнішнього повітря, Вт/м².

Розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, $t_{p.o.}$, °C	0	-10	-20	-30	-40
Питомий показник максимальної витрати на опалення житлових будівель, q , Вт/м ²	93	128	151	174,5	186

2.3 Розрахунок теплового навантаження на базі поняття градусо - діб

Для виявлення впливу зміни погоди на споживання енергії користуються градусо-добами.

1 градусо-доба – це різниця між базовою температурою в приміщенні та середньодобовою зовнішньою температурою.

Базова температура становить +18°C.

Значення середньодобових температур зовнішнього повітря для різних регіонів можна дізнатися в Гідрометеоцентрі та в енергопостачальних компаніях, або з рис. 6.

Градусо-доба - характеристика клімату в порівняльній період (наприклад, рік), може бути розрахована за формулами:

$$ГД = \sum_j (t_B - t_{3j}) K_{дїб j}, \quad ГД = \sum_{k=1}^{n_0} (t_B - t_{3k}), \quad (14)$$

де j - місяць року, що належить до опалювального періоду (табл. Д 4, Д 5);

t_{3j} - температура зовнішнього повітря середня для місяця j , визна-

чається за даними метеорологічної служби для відповідного року, $^{\circ}\text{C}$,

$K_{\text{дїб } j}$ - кількість дїб опалювального періоду в місяці j ,

n_0 - тривалість опалювального періоду;

k - день опалювального періоду;

t_{3k} - середня температура зовнішнього повітря для кожного дня k опалювального періоду, визначається за даними метеорологічної служби для відповідного року, $^{\circ}\text{C}$.

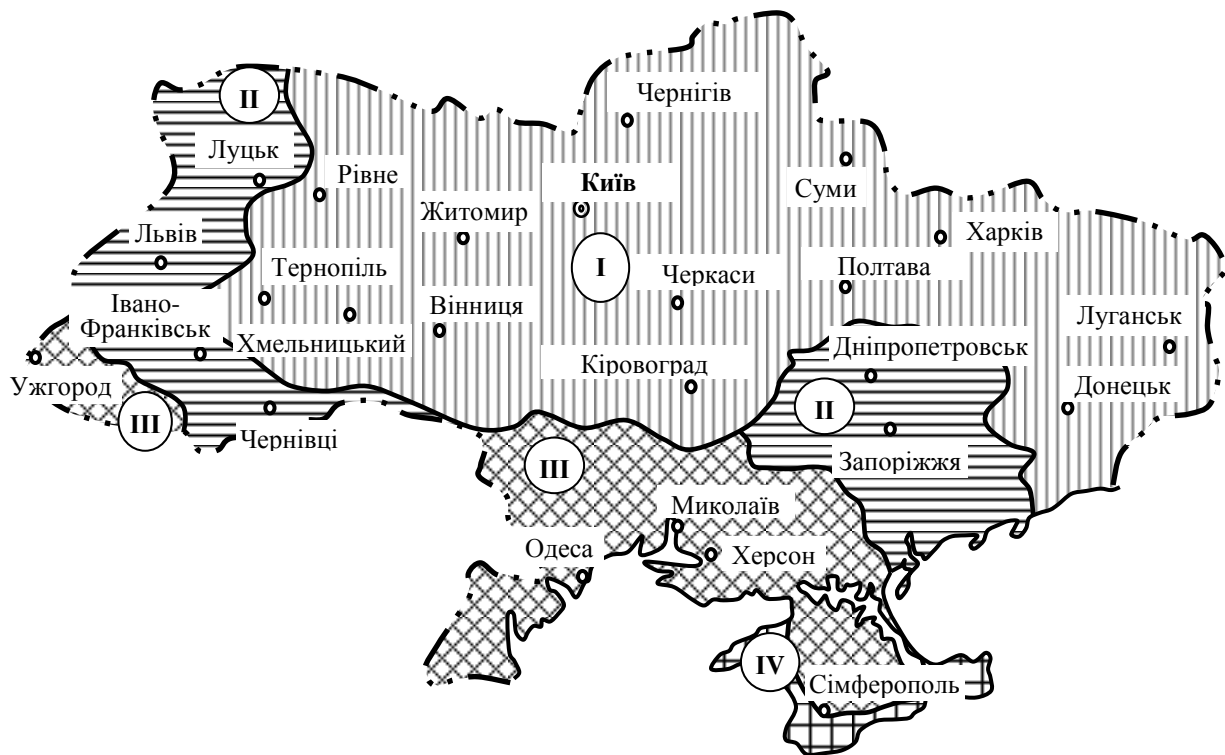


Рис. 6. Схема розподілу кліматичних зон України.

I зона > 3501 градусо-доба; II зона $3001-3500$ градусо-дїб;
III зона $2501-3000$ градусо-дїб; IV зона < 2500 градусо-дїб

Сума градусо-дїб може показати, наскільки холодним був, наприклад, якийсь місяць по відношенню до іншого - чим більше число градусо-дїб, тим холоднішим був місяць.

Таким чином, при порівнянні місячного споживання енергії в різні

роки для врахування змін у погоді було б корисно запровадити просту корекцію в опалювальному енергоспоживанні. При цьому треба врахувати, що тільки та частина енергії, що іде на опалення, має бути скоригована з урахуванням погоди. Чим більшою є місячна кількість градусо-днів, тим більшим є рівень енергоспоживання.

При наявності лічильників нормативну кількість теплоти на опалення та вентиляцію будівлі розраховують за формулою, Дж/рік:

$$Q_{O,B}^{HORM} = Q_{ЛПЧ} \frac{ГД^{HORM}}{ГД^{ФАКТ}}, \quad (15)$$

де $Q_{ЛПЧ}$ - кількість теплоти, яка витрачена на опалення та вентиляцію будівлі відповідно до показників лічильників за певний період (наприклад, опалювальний період), Дж/рік;

$ГД^{HORM}$ - градусо-добы для того ж періоду для нормативних умов;

$ГД^{ФАКТ}$ - градусо-добы, розраховані за фактичною температурою зовнішнього повітря для цього ж періоду.

Розрахункове навантаження споживача на опалення будівлі розраховується за формулою, Вт:

$$Q_{O,B} = Q_{ЛПЧ} \frac{ГД_{P.O.}^{HORM}}{ГД^{ФАКТ} n_O \cdot 24 \cdot 3600}, \quad (16)$$

де $ГД_{P.O.}^{HORM} = (t_B - t_{P.O.}) n_O$ - градусо-добы для розрахункової температури зовнішнього повітря $t_{P.O.}$;

n_O - для нормативного року.

3. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАДХОДЖЕНЬ ДО ПРИМІЩЕННЯ

Теплові надходження $Q_{\text{НАД}}$ в приміщення залежать від його призначення, місця розташування, кількості людей та сумарної потужності працюючого обладнання (рис. 7) і визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{Л}} + Q_{\text{ЕЛ}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ТО}} + Q_{\text{СЛ}} + Q_{\text{П}} \quad (17)$$

де теплові надходження: $Q_{\text{Л}}$ - від людей; $Q_{\text{ЕЛ}}$ - від електроустаткування і приладів; $Q_{\text{ОСВ}}$ - від освітлювальних приладів; $Q_{\text{ТО}}$ - від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів; $Q_{\text{СЛ}}$ - від сонячної радіації крізь скління; $Q_{\text{П}}$ - від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі.

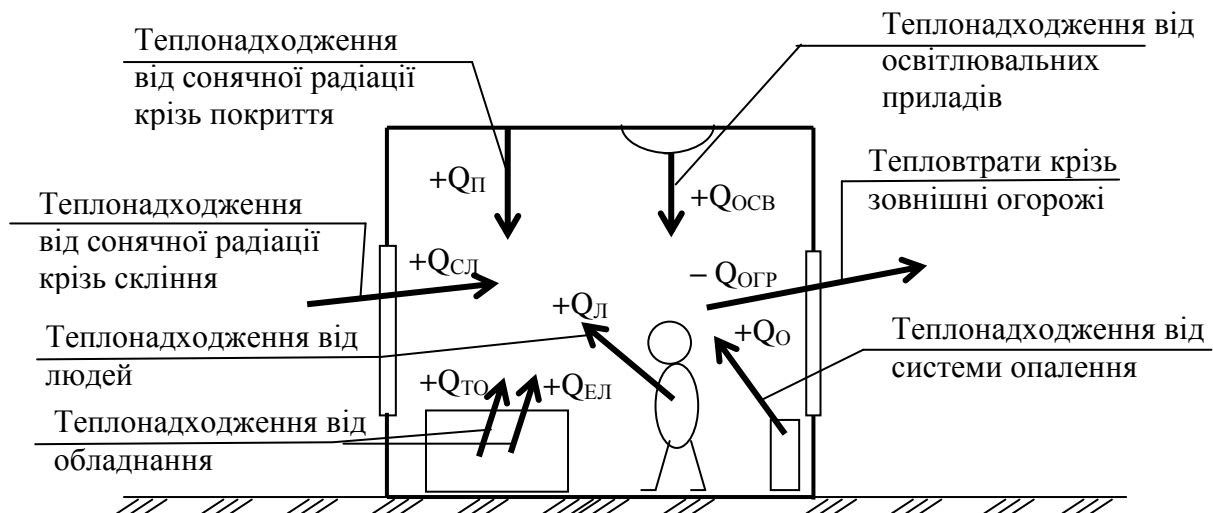


Рис 7. Теплові надходження та тепловтрати приміщення будівлі (до розрахунку теплових надходжень).

3.1 Теплонадходження від людей

Це теплота, яка поступає в приміщення у вигляді явної $q_{\text{я}}$ (суха тепловіддача тіла) і прихованої $q_{\text{п}}$ теплоти (випаровуванням з поверхні шкіри і вологою, що видихається разом з повітрям). Для встановлення розрахунку

кового теплового навантаження системи опалення враховується тільки явна теплота, оскільки лише вона підвищує температуру приміщення. Кількість явних тепловиділень, що припадає на одну людину, залежить від характеру виконуваної роботи і від метеорологічних параметрів навколишнього повітря.

Надходження теплоти від людей Q_L визначається за формулою, Вт:

$$Q_L = n \cdot q_{\text{я}}, \quad (18)$$

де $q_{\text{я}}$ – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною (табл. 9), Вт/люд.;

n – кількість людей, які одночасно знаходяться в приміщенні.

3.2 Теплонадходження від електроустаткування і приладів

Технологічне устаткування (механічне, електричне та ін.) – це джерело теплонадходжень в приміщення. Кількість теплоти, що виділяється від електродвигуна та механічного обладнання, визначають за формулою:

$$Q_{\text{ЕЛ}} = N_B \cdot k_B \cdot k_O \cdot k_3 \cdot (1 - \eta + k_T \cdot \eta), \quad (19)$$

де N_B – встановлена потужність, Вт;

$k_B = 0,7-0,9$ – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$k_O = 0,5-1,0$ – коефіцієнт одночасності роботи устаткування;

$k_3 = 0,5-0,8$ – коефіцієнт середнього завантаження обладнання;

$k_T = 0,1-1,0$ – коефіцієнт переведення механічної енергії в теплову, який враховує, що частина теплоти може бути віддана охолоджуючій емульсії, повітрю або воді та унесена ними з помешкання;

$\eta = 0,75-0,9$ – ККД двигуна.

Добуток $(N_B \cdot k_B \cdot k_O \cdot k_3)$ у рівнянні (19) відповідає фактичній витраті електроенергії, яка майже повністю перетворюється в теплоту. Вели-

чина (1-η) визначає частку теплоти, яка виділяється електродвигуном та електричним обладнанням, а ($k_T\eta$) - частка теплоти, що виділяється механічним обладнанням, яке приводиться в дію електродвигуном.

Таблиця 9.
Теплота (Вт) та волога (г/год), які виділяються дорослим чоловіком.

Показники	Температура повітря в приміщенні, °C					
	10	15	20	25	30	35
В стані спокою						
Теплота:						
явна	140	116	87	58	41	12
прихована	23	29	29	35	52	81
повна	163	145	116	93	93	93
Волога	30	40	40	50	75	115
При легкій роботі						
Теплота:						
явна	151	122	99	64	41	6
прихована	29	35	52	81	104	139
повна	180	157	151	145	145	145
Волога	40	55	75	115	150	200
При роботі середньої важкості						
Теплота:						
явна	163	134	105	70	41	6
прихована	52	76	99	128	157	192
повна	215	210	204	198	198	198
Волога	70	110	140	185	230	280
При важкій роботі						
Теплота:						
явна	198	163	128	93	53	12
прихована	93	128	163	198	238	279
повна	291	291	291	291	291	291
Волога	135	185	240	295	355	415

Примітка. Жінки виділяють 85% теплоти та вологи, а діти 75% теплоти та вологи, які виділяють чоловіки.

3.3 Теплонадходження від освітлювальних приладів

Визначаються за формулою, Вт:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.осв}}, \quad (20)$$

де $N_{\text{осв}}$ – сумарна потужність освітлювальних приладів, Вт;

$k_{\text{осв}}$ - коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні (табл. 10);

$k_{\text{в.осв}}$ - коефіцієнт використання світильників.

При підсумовуванні тепловиділень від електроосвітлення слід враховувати, що вони, як правило, не співпадають за часом з тепловиділеннями від сонячної радіації.

Таблица 10

Значення коефіцієнта $k_{\text{осв}}$.

Люмінесцентні відкриті лампи	0,9
Люмінесцентні лампи, закриті матовим склом	0,6
Відкриті лампи розжарювання	1
Лампи розжарювання, закриті матовими ковпаками	0,7

3.4 Теплонадходження від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів

Теплонадходження від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів визначаються за формулою, Вт:

$$Q_{\text{ТО}} = \alpha \cdot F \cdot (t_{\text{П}} - t_{\text{В}}), \quad (21)$$

де F - площа нагрітої поверхні обладнання, м^2 ;

$t_{\text{П}}$ - температура нагрітої поверхні, $^{\circ}\text{C}$;

α - коефіцієнт тепловіддачі (конвекцією та випромінюванням), $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{K})$, визначається за спеціальною літературою.

3.5 Теплонадходження від сонячної радіації

Теплота від сонячної радіації поступає в приміщення крізь світлові отвори зовнішніх огорож (вікна, ліхтарі) $Q_{сл}$, а також крізь зовнішні стіни і пласкі покрівлі $Q_{п}$. Теплонадходження від сонячної радіації крізь стіни незначні і їх можна не враховувати. Найбільше теплоти надходить крізь вікна і ліхтарі.

Кількість теплоти, внесеної до приміщення сонячною радіацією, залежить від географічної широти місця будівництва, пори року, орієнтації огорож за сторонами світу, матеріалів зовнішньої огорожі та ін.

Теплові надходження крізь вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу - північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З), або за проміжними напрямками (північний-захід (ПнЗ), північний-схід (ПнС), південий-схід (ПдС) і південий-захід (ПдЗ), визначаються за формулою:

$$Q_{сл} = \zeta_{в} \epsilon_{в} (F_{Пн} I_{Пн} + F_{С} I_{С} + F_{Пд} I_{Пд} + F_{З} I_{З}) + \zeta_{зл} \epsilon_{зл} F_{зл} I_{г}, \quad (22)$$

де $\zeta_{в}$, $\zeta_{зл}$ - коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і зенітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, що приймаються за табл. 11;

$I_{Пн}$, $I_{С}$, $I_{Пд}$, $I_{З}$ - середня величина сонячної радіації за опалювальний період (табл.12), що поступає на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані за чотирма фасадами будинку, кВт год/м² (для проміжних орієнтирів фасадів будинків, що відрізняються від напрямків на Пн, Пд, З, С, (ПнЗ, ПнС, ПдЗ, і ПдС) величину сонячної радіації треба визначати інтерполяцією);

Таблиця 11

Значення коефіцієнтів затінення світлового прорізу ζ_B і $\zeta_{3Л}$ і відносного проникнення сонячної радіації, ϵ_B і $\epsilon_{3Л}$, відповідно вікон і zenітних ліхтарів

Заповнення світлового прорізу	в дерев'яних або ПВХ плетіннях		в алюмінієвих плетіннях	
	ζ_B і $\zeta_{3Л}$	ϵ_B і $\epsilon_{3Л}$	ζ_B і $\zeta_{3Л}$	ϵ_B і $\epsilon_{3Л}$
Подвійне скління з селективним покриттям на внутрішньому склі:				
однокамерні склопакети в одинарних плетіннях	0,80	0,54	0,80	0,54
подвійне скління в спарених плетіннях	0,75	0,65	0,70	0,65
подвійне скління в роздільних плетіннях	0,65	0,60	0,60	0,60
Потрійне скління із звичайного скла в окремо-спарених плетіннях	0,50	0,70	0,50	0,70
Однокамерні склопакети й одинарне скління у роздільних плетіннях	0,60	0,63	0,60	0,63
Однокамерний склопакет із селективним покриттям і одинарне скління у роздільних плетіннях	0,60	0,58	0,60	0,58
Двокамерні склопакети із селективним покриттям на внутрішньому склі й в одинарному плетінні	0,8	0,48	0,8	0,48

I_T - середня величина сонячної радіації за опалювальний період на горизонтальну поверхню (табл.12) при дійсних умовах хмарності, кВт год/м²;

ϵ_B , $\epsilon_{3Л}$ - коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації відповідно для світлопропускаючих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або за табл. 13; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до горизонту 45° і більше варто вважати як вертикальні вікна, з кутом нахилу менш 45° - як zenітні ліхтарі;

Таблиця 12

Середня величина сонячної радіації, кВт·год /м²

Характеристи- ка скляної поверхні	Орієнтація поверхні															
	Південь				Південний схід Південний захід				Схід Захід				Північний схід Північний захід			
	Градуси географічної широти															
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
	Вікна з подвійним склінням (дві рами):															
з дерев'яними рамами	128	145	145	169	99	128	145	169	145	145	170	170	76	76	76	70
з металевими рамами	163	186	186	210	128	163	186	210	186	186	210	210	93	93	93	93
	Ліхтар з подвійним вертикальним склінням (прямокутний)															
з металевими рамами	151	186	186	198	128	163	198	198	186	186	210	210	99	99	99	93
з дерев'яними рамами	140	169	169	175	116	145	175	175	169	169	186	186	87	81	87	81

$F_{\text{Пн}}, F_{\text{С}}, F_{\text{Пд}}, F_{\text{З}}$ - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м^2 ;

$F_{\text{Зл}}$ - площа світлових прорізів зенітних ліхтарів будинку, м^2 .

Якщо вікна будівлі обладнані сонцезахисними пристроями, то теплові надходження крізь вікна від сонячної радіації визначені за формулою (22), треба домножити на коефіцієнти теплопропускання, $\beta_{\text{СЗ}}$ (табл. 13).

Таблиця 13

Коефіцієнти теплопропускання, $\beta_{\text{СЗ}}$, сонцезахисних пристроїв

Сонцезахисні пристрої	$\beta_{\text{СЗ}}$
Зовнішні	
Штора або маркіза з світлої тканини	0,15
Те ж саме з темної	0,2
Ставня - жалюзі з дерев'яними пластинами	0,1 / 0,15
Штора - жалюзі з металевими пластинами	0,15 / 0,2
Міжскляні (непровітрювані)	
Штора - жалюзі з металевими пластинами	0,3 / 0,35
Штори з світлої / темної тканини	0,25 / 0,4
Внутрішні	
Штора - жалюзі з металевими пластинами	0,6 / 0,7
Штори з світлої / темної тканини	0,4 / 0,8

Примітки: 1. Для сонцезахисних пристроїв з пластинами в чисельнику наведені значення коефіцієнтів при розташуванні пластин під кутом 45° , а в знаменнику - під кутом 90° до площини світлового прорізу.

2. Коефіцієнти теплопропускання міжскляних сонцезахисних пристроїв з провітрюваним міжскляним простором необхідно приймати в два рази менше.

Теплонадходження від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі визначають за формулою:

$$Q_{\text{П}} = F_{\text{П}} \cdot q_{\text{П}} \cdot \frac{1}{R_{\text{П}}^{\text{ПОТ}}} \quad (23)$$

де F_{Π} , - площа покрівлі, м^2 ;

q_{Π} - середня величина сонячної радіації на 1 м^2 покрівлі, $\text{Вт} / \text{м}^2$
(табл. 14);

$R_{\Pi}^{\text{ПОТ}}$ - безрозмірний коефіцієнт, чисельно рівний опору теплопередачі покриття.

В деяких випадках окрім розрахунку теплонадходжень і тепловтрат приміщення перевіряється його теплостійкість, а також опір зовнішніх огорож на паро- і повітропроникність. Відповідні розрахунки і нормативні дані наведені в [6-8].

Таблица 14

Кількість сонячної радіації q_{Π} , $\text{Вт} / \text{м}^2$

Характеристика покриття	Градуси географічної широти	q_{Π}
Плоске (без горища)	35	23
	45	21
	55	17,5
	65	13
З горищем	Для усіх широт	5,8

4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ ТА ІНФІЛЬТРАЦІЮ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Вентиляцією називається сукупність заходів і пристроїв, що використовуються при організації повітрообміну для забезпечення заданого стану повітряного середовища в приміщеннях і на робочих місцях (табл. 15). Системи вентиляції забезпечують підтримку допустимих метеорологічних параметрів в приміщеннях різного призначення .

Таблиця 15

Мінімальна витрата, м³/год, зовнішнього повітря на 1 людину,
яка перебуває в помешканні понад 2 години

Будівлі	Помешкання	
	З природною вентиляцією	Без природної вентиляції
Виробничі	30	60
Громадського та адміністративного призначення	40	60
Житлові з загальною площею на 1 людину понад 20 м ² до 20 м ²	30 3 м ³ /год на 1 м ² житлової площі	60

Параметри повітря нормуються в залежності від періоду року: холодного ($t_3 < 8\text{ }^{\circ}\text{C}$), перехідного ($t_3 = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) та теплого ($t_3 > 8\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Системи вентиляції в залежності від призначення приміщень, характеру технологічного процесу, виду шкідливих виділень можна класифікувати за наступними характерними ознаками [10]:

1. За способом створення тиску повітря для переміщення: з природним і штучним (механічним) імпульсом.
2. За способом подачі і напрямом руху потоку повітря розрізняють систе-

ми вентиляції витяжні, припливні, припливно-витяжні і системи з рециркуляцією

3. За зонами обслуговування: місцеві і загальнообмінні.

4. За конструктивним виконанням: каналні і безканалні.

Переміщення повітря в системах природної вентиляції відбувається:

- внаслідок різниці температур повітря зовнішнього (атмосферного) і повітря в приміщенні;
- внаслідок різниці тиску „повітряного стовпа” між нижнім рівнем (обслуговування приміщення) і верхнім рівнем - витяжним пристроєм, встановленим на даху будівлі;
- в результаті дії так званого вітрового тиску.

Природна вентиляція може бути організованою (аерація) і неорганізованою (інфільтрація крізь нещільно закриті двері, вікна, через щілини і т. д.). Аерація здійснюється в заздалегідь встановлених межах (керована природна вентиляція) крізь спеціальні отвори (кватирки, фрамуги, аераційні ліхтарі), площі яких розраховуються. Її вживання дає значний економічний ефект. Залежно від конструктивного виконання аерація може бути безканалною і каналною. Проникнення зовнішнього холодного повітря в приміщення крізь нещільності огорожувальних конструкцій називається інфільтрацією.

В механічних системах вентиляції використовуються устаткування і прилади (вентилятори, електродвигуни, повітрянагрівачі, пиловловлювачі, автоматика і ін.), які дозволяють переміщувати повітря на значні відстані. При необхідності повітря піддають різним видам обробки (очищенню, нагріванню, зволоженню і т.д.), що практично неможливо в системах з природним імпульсом. Механічну вентиляцію слід передбачати: якщо метеорологічні умови і чистота повітря не можуть бути забезпечені природною вентиляцією або для приміщень і зон без природного провітрювання.

В практиці часто передбачають так звану змішану вентиляцію, тобто одночасно природну і механічну вентиляцію.

Припливна вентиляція створює надлишковий тиск в приміщенні, і за рахунок цього виключається попадання в нього забрудненого повітря з сусідніх приміщень або холодного повітря ззовні. Витяжна вентиляція створює розрідження в приміщенні, і застосовується в тих випадках, коли необхідно виключити розповсюдження в даному приміщенні шкідливих виділень. Системи з рециркуляцією - це системи, в яких до зовнішнього повітря підмішується частина витяжного повітря з приміщення.

Вибір системи вентиляції залежить від багатьох складових: призначення будівлі, тепло- і вологовиділень усередині приміщення, схеми вентиляції та ін. В кожному конкретному проекті визначається, який тип вентиляції є кращим в санітарно-гігієнічному відношенні, а також економічно і технічно більш раціональним.

Розрахунок потреби в теплоті на вентиляцію споруд проводиться тільки за наявності системи припливно-витяжної вентиляції.

При проектуванні вентиляції необхідно визначити витрату і параметри повітря, яке надходить у приміщення, потужність вентилятора та калорифера для підігріву повітря. Для вирішення поставленої задачі використовують розрахунки та **h - d** діаграму для вологого повітря. Розрахунок ведуть: для приміщень з тепловиділеннями – за надлишками явної теплоти; для приміщень з тепло - та вологовиділеннями - за надлишками вологи, явної та прихованої теплоти з перевіркою виконання умов попередження конденсації вологи на поверхнях будівельних конструкцій та обладнання; для приміщень з газовиділеннями – за кількістю виділень шкідливих речовин, виходячи з умов забезпечення їх гранично допустимих концентрацій.

Розрахунок погодинних витрат теплоти на вентиляцію громадських споруд виконується на підставі показників типових та індивідуальних про-

ектів, за якими збудовані дані об'єкти.

За відсутністю згаданих вище даних витрати теплоти на вентиляцію допускається приймати за типовими чи індивідуальними проектами, що найбільше відповідають характеристикам цих будівель. При відсутності даних про максимальні витрати теплоти на вентиляцію будівель, потребу в теплоті, W_t , визначають за формулою:

$$Q_B = K_1 \cdot Q_{OGR}, \quad (24)$$

де $K_1 = 0,4$ для будівель зведених до 1985 року, та $K_1 = 0,6$ – побудованих після 1985 року [7].

Орієнтовний розрахунок витрати теплоти на вентиляцію, W_t , коли відомо призначення будівлі та його об'єм, можна проводити за формулою:

$$Q_B = m \cdot c_{\text{пов}} \cdot V_B \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot (t_{\text{н.п.}} - t_3), \quad (25)$$

де m - кратність обміну повітря, 1/с;

$c_{\text{пов}}$ – питома теплоємність повітря, Дж / (кг К);

V_B - вентиляований об'єм будівлі, м^3 ;

$t_{\text{н.п.}}$ - температура нагрітого повітря, що подається в приміщення $^{\circ}\text{C}$.

При $t_{\text{н.п.}} > t_B$ необхідно враховувати додаткове теплонадходження з нагрітим повітрям у тепловому балансі будівлі.

Для зручності витрати теплоти на вентиляцію розраховують за збільшеними показниками, W_t , за формулою:

$$Q_B = q_B V_3 (t_B - t_p), \quad (26)$$

де V_3 – зовнішній об'єм будівлі, м^3 ;

q_B – питома вентиляційна характеристика будівлі, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$, (додаток Д5).

t_p – розрахункова температура зовнішнього повітря на вентиляцію, $^{\circ}\text{C}$, (додаток Д 2), приймається:

$t_p = t_{p.O.}$ – при вентиляції без обмежень температури зовнішнього повітря;

$t_p = t_{p.B.}$ – при вентиляції з обмеженнями температури зовнішнього повітря.

Для зниження розрахункової витрати теплоти на вентиляцію мінімальна зовнішня температура, за якою розраховуються вентиляційні установки, $t_{p.B.}$, приймається, як правило, вище за розрахункову температуру для опалення $t_{p.O.}$. За діючими нормами розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування вентиляції визначається як середня температура найхолоднішого періоду, що становить 15 % тривалості всього опалювального періоду (параметри А зовнішнього повітря).

Коли температура зовнішнього повітря стає нижчою $t_{p.B.}$, витрата теплоти на вентиляцію не повинна виходити за межі розрахункової витрати. Це досягається скороченням кратності повітрообміну. Мінімальна кратність повітрообміну m_{min} при зовнішній температурі $t_{p.O.}$ визначається за формулою:

$$m_{min} = m \frac{t_B - t_{p.B.}}{t_B - t_{p.O.}}. \quad (27)$$

Для регулювання кратності обміну повітря в діапазоні температур $t_{p.B.} > t_3$ вентиляційні установки повинні бути оснащені авторегулюючими приладами. Ручне регулювання складне, недосконале і призводить до перевитрати теплоти.

Якщо в одному будинку знаходяться приміщення різноманітного призначення, які відрізняються між собою питомою вентиляційною характеристикою або розрахунковою температурою внутрішнього повітря, то розрахунковий тепловий потік на вентиляцію визначають окремо для кожної частини будинку, а потім підсумовують.

При наявності даних про розрахункову величину споживання теплоти на потреби вентиляції середню потребу в теплоті, Вт, визначають за формулою:

$$Q_B^{CP} = Q_B \frac{t_B - t_{CP.O.}}{t_B - t_P}, \quad (28)$$

Q_B – розрахункова витрата теплоти на вентиляцію будівель і споруд, Вт, що визначаються за t_P ;

$t_{CP.O.}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С, (додаток табл. Д 2).

Річна потреба теплоти на вентиляцію, МДж/рік, становить:

$$Q_B^{PIK} = Q_B^{CP} n_O^B Z_B \cdot 10^{-6} \cdot 3600, \quad (29)$$

n_O^B – тривалість роботи вентиляції за опалювальний період, діб;

Z_B – усереднене число годин роботи системи вентиляції протягом доби за опалювальний період. Береться залежно від призначення й режиму роботи установ і організацій, але не більше загальної кількості годин їх роботи за добу. При відсутності даних береться тривалість роботи 16 годин.

Витрату теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, яке інфільтрується в житлові і громадські будівлі, для всіх приміщень визначають з розрахунків для кожного приміщення, яке опалюється, і має одне або більше вікон і балконних дверей в зовнішніх стінах.

Витрати теплоти на нагрівання повітря Q_{INF} , що поступає шляхом інфільтрації у виробничі приміщення промислових підприємств, підраховують, керуючись відомчими нормативними документами і нормами технологічного проектування, затвердженими в установленому порядку відповідно до [3]. За відсутності необхідних даних додаткові витрати теплоти

на інфільтрацію зовнішнього повітря допускається враховувати у розмірі 10-12% від основних втрат теплоти будівлями для житлових та громадських будівель та 30-35% - для промислових.

Фактичне $Q_{\text{ИФ}}$ залежить від різниці густини (температур) повітря зовні і всередині приміщення, висоти приміщення (або відстані між поверхами), площі щілин, динамічного натиску вітру. Перепад тиску, створюваний різницею густини ρ_3 зовнішнього (холодного) і ρ_B внутрішнього (теплого) повітря і динамічним натиском вітру, переходить в кінетичну енергію повітря, яке надходить в приміщення крізь нещільності.

Виходячи з цього швидкість холодного повітря, яке надходить в приміщення, $w_{\text{ИФ}}$, знаходять за формулою:

$$w_{\text{ИФ}} = \sqrt{\frac{2gh}{\xi} \left(1 - \frac{T_3}{T_B} \right)} + w_B^2, \quad (30)$$

де g – прискорення вільного падіння рівне $9,8 \text{ м / с}^2$;

h – висота будівлі, м;

T_3, T_B – температури зовнішнього і внутрішнього повітря, К;

w_B – швидкість вітру, м / с;

$\sqrt{\frac{1}{\xi}} = \mu^*$ - коефіцієнт витрати повітря ($\mu^* = 0,1 - 0,05$).

Максимальні теплові втрати інфільтрацією, W_t , визначають з формули:

$$Q_{\text{ИФ}} = w_{\text{ИФ}} \rho_{\text{ПОВ}} F_{\text{Щ}} c_{\text{ПОВ}} (t_B - t_3), \quad (31)$$

де $F_{\text{Щ}}$ – площа щілин в будівлі, м^2 ;

$\rho_{\text{ПОВ}}$ - густина зовнішнього повітря, кг / м^3 .

Або за формулою:

$$Q_{\text{ИФ}} = c_{\text{ПОВ}} (t_B - t_3) \sum (l \cdot g_{\text{ИФ}} \cdot \alpha_{\text{ИФ}}), \quad (32)$$

де l - довжина щілин притворів, м;

$g_{\text{ИФ}}$ - кількість повітря, яке поступає крізь 1 метр довжини щілини у зимовий період, в залежності від швидкості повітря, кг/(с·м) (табл. 17);

$\alpha_{\text{ИФ}}$ - поправочний коефіцієнт в залежності від характеру притвору (табл. 18).

Таблиця 17

Кількість повітря, яке поступає крізь 1 метр довжини щілини у зимовий період в залежності від швидкості повітря, $g_{\text{ИФ}}$ (кг/(с·м)×10³)

Ширина щілини, мм	Швидкість вітру w_B , м/с				
	До 1	2	3	4	5
1 – для металевих рам	1,06	1,66	2,06	2,33	3,28
1,5 – для дерев'яних рам	1,55	2,53	3,11	3,50	4,87

Таблиця 18

Поправочний коефіцієнт $\alpha_{\text{ИФ}}$ в залежності від характеру притвору

	Характеристика рам		$\alpha_{\text{ИФ}}$
Фрамуги вікон та ліхтарі	дерев'яні	Одинарні рами	1,00
		Подвійні рами	0,40
	металеві	Подвійні рами	0,65
		Подвійні рами	0,33
Двері та ворота			2,00

Інфільтрація повітря враховується для вікон та дверей, які розташовані зі сторони руху вітру; для ліхтарів, які не захищені від задування – тільки з однієї сторони ліхтаря; зимову швидкість вітру (1-5 м/с) приймають за додатком табл. Д 2. Відповідно до [3] розрахунки на інфільтрацію крізь щілини проводити не треба.

Інфільтрація повітря безпосередньо крізь товщу стіни дуже мала, тому її значення в розрахунках не враховують.

Витрати теплоти на нагрівання повітря, яке поступає до приміщення

крізь відчинені ворота та інші отвори, $Q_{\text{ИНФ}}^{\text{ВР}}$, протягом 15 хв. за зміну розраховують за формулою (32), приймаючи $\alpha_{\text{ИНФ}} = 3$. При більшій тривалості відчинення воріт або отворів $Q_{\text{ИНФ}}^{\text{ВР}}$, $V_{\text{т}}$, визначають за формулою:

$$Q_{\text{ИНФ}}^{\text{ВР}} = c_{\text{ПОВ}} w_{\text{ПОВ}} \rho_{\text{ПОВ}} F (t_{\text{В}} - t_{\text{З}}), \quad (33)$$

де $w_{\text{ПОВ}}$ - швидкість руху повітря, яке уривається у ворота чи отвори, м/с;

F - площа воріт або отворів, м^2 .

Для зменшення втрат теплоти з інфільтрацією в опалювальній будівлі роблять тамбури з повітряними тепловими завісами. Для цього над дверним отвором або під ним ставлять повітряний калорифер, що обігривається мережевою гарячою водою або електрообігрівачами; вентилятор з електроприводом та повітряні короби для розподілу повітря. Повітря забирається вентилятором з приміщення.

Масова витрата холодного зовнішнього повітря, кг/с, проникаючого в приміщення крізь відкриті дверні отвори, визначається з виразу:

$$G_{\text{ИНФ}} = K \rho_{\text{ПОВ}} F_{\text{ДВ}} w_{\text{ИНФ}}, \quad (34)$$

де $F_{\text{ДВ}}$ – площа відкритого дверного отвору, м^2 ;

K – коефіцієнт, залежний від частоти відкриття входних дверей n , чол/год, типу дверей (одинарні, подвійні, потрійні), від місця забору повітря (зовні або з приміщення). При $n = 600; 1000; 1500$ чол/год, в тамбурі подвійні двері, $K = 0,21; 0,38; 0,54$, відповідно.

Для визначення витрати нагрітого повітря, що виходить з калорифера на повітряну завісу, складемо рівняння теплового балансу для точки змішування зовнішнього повітря з температурою $t_{\text{З}}$, повітря, що виходить з калорифера – $t_{\text{К}}$, і змішаного повітря – $t_{\text{В}}$:

$$G_{\text{ИНФ}} c_{\text{З}} t_{\text{З}} + G_{\text{К}} c_{\text{К}} t_{\text{К}} = (G_{\text{ИНФ}} + G_{\text{К}}) c_{\text{В}} t_{\text{В}}. \quad (35)$$

Припускаючи, що теплоємність повітря мало залежить від температури у даному проміжку температур ($c_3 = c_K = c_B = c_{\text{ПОВ}}$) з останнього виразу отримаємо витрату повітря, кг / с, що виходить з калорифера :

$$G_K = G_{\text{ИНФ}} \frac{(t_B - t_3)}{(t_K - t_B)}. \quad (36)$$

Температура нагрітого повітря на виході з калорифера приймається 50°C .

За витратою повітря і гідравлічним опором повітряного тракту обирають вентилятор з електроприводом до нього.

Теплова потужність Q_K , Вт, споживана калорифером з теплової мережі для підігріву повітря, що йде на повітряну завісу, визначається з виразу:

$$Q_K = G_{\text{ИНФ}} c_{\text{ПОВ}} (t_K - t_B). \quad (37)$$

При наявності повітряно-теплової завіси розрахунок витрати теплової енергії визначають за формулою, МДж/рік:

$$Q_B^{\text{Т.З.}} = Q_K \tau_{\text{Т.З.}} \cdot 10^{-6} / 3600, \quad (38)$$

де $\tau_{\text{Т.З.}}$ - кількість годин роботи теплової завіси за рік, год.

При відсутності даних про кількість повітря, яке подається тепловою завісою витрати теплоти Q_K на нагрівання повітря, яке поступає до приміщення крізь відчинені вхідні вестибюлі (холи) та відчинені у холодний період року зовнішні двері при повітряній тепловій завісі розраховують за формулою, кВт:

$$Q_K = 0,7B(H + 0,8n_{\text{Л}})(t_B - t_3)\rho_{\text{ПОВ}}, \quad (39)$$

де H - висота будівлі, м;

$n_{\text{Л}}$ - кількість людей, які знаходяться в будівлі, чол.;

B - коефіцієнт, який враховує кількість вхідних тамбурів. При одному тамбурі (дві двері) $B = 1,0$; при двох тамбурах (три двері) $B = 0,6$.

У житлових та офісних приміщеннях з ущільненими вікнами (балконними дверима) замість $Q_{\text{ІНФ}}$ визначають витрату теплоти $Q_{\text{ІНФ}}^{\text{С.Н.}}$ на підігрів зовнішнього повітря, що поступає в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції в кількості, згідно з санітарними нормами (таблиця 15) або за формулою з урахуванням однократного повітрообміну за годину, Вт:

$$Q_{\text{ІНФ}}^{\text{СН}} = 0,337 \cdot F_{\text{П}} \cdot h_{\text{П}} \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{Р.О.}}), \quad (40)$$

де $F_{\text{П}}$ - площа підлоги приміщення, м^2 ;

$h_{\text{П}}$ - висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не понад 3,5 м.

Якщо висота приміщення понад 3,5 м, висоту для розрахунків приймають 3,5 м і формула має вигляд:

$$Q_{\text{ІНФ}}^{\text{СН}} = 1,18 \cdot F_{\text{П}} \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{Р.О.}}) \quad (41)$$

Середню потребу в теплоті на інфільтрацію згідно санітарним нормам визначають за формулою, Вт:

$$Q_{\text{ІНФ}}^{\text{СР}} = Q_{\text{ІНФ}}^{\text{СН}} \frac{t_{\text{В}} - t_{\text{СР.О.}}}{t_{\text{В}} - t_{\text{Р.О.}}}, \quad (42)$$

а річна потреба теплоти становить, МДж/рік:

$$Q_{\text{ІНФ}}^{\text{РІК}} = Q_{\text{ІНФ}}^{\text{СР}} n_{\text{О}} \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 3600. \quad (43)$$

5. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ПРОМИСЛОВОЇ ПАРИ

Параметри теплоносія і витрата теплоти для технологічних потреб залежать від характеру технологічного процесу, типу виробничого устаткування, загальної організації робіт і т.д. Удосконалення і раціоналізація технологічного процесу можуть викликати корінні зміни в розмірі і характері теплового навантаження.

Для економії паливно-енергетичних ресурсів слід удосконалювати технологічні процеси, максимально використовувати відпрацьовану теплоту для технологічних цілей, а при теплопостачанні від ТЕЦ максимально використовувати теплоносії більш низького потенціалу.

5.1 Розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання побутових теплоспоживачів

Гаряче водопостачання використовують для задоволення гігієнічних (вмивання, купання) і побутових (прання, миття посуду і т. ін.) потреб населення у воді з підвищеною температурою (до 75°C). Такою водою забезпечують житлові будівлі, більшість громадських будівель, а також промислові будівлі і споруди.

У найбільш простому вигляді місцева система гарячого водопостачання складається з водонагрівальної установки і трубопроводів для транспортування гарячої води до водорозбірних приладів. Розрізняють системи централізовані та децентралізовані. У централізованих системах одна нагрівальна установка обслуговує, як мінімум, одну будівлю, а в багатьох випадках навіть декілька будівель у межах одного кварталу (мікрорайону) або селища. У децентралізованих системах приготування гарячої води

здійснюється практично біля водорозбірних приладів (на місці споживання) і здійснюється невеликими генераторами теплоти: газовими нагрівачами і т. ін.

Гаряча вода, що подається споживачам, повинна відповідати вимогам до питної води.

Температура води після підігрівачів обумовлюється санітарно-гігієнічними вимогами. За нижню межу приймають так звану температуру пастеризації, що дорівнює 60°C , при якій гине більшість хвороботворних бактерій; верхню межу обмежують 75°C , щоб уникнути опіків споживачами. Але [11] регламентує температуру води в точках її розбору:

- не нижче 50°C – для централізованих систем гарячого водопостачання, які підключені до закритих систем тепlopостачання;
- не нижче 60°C – для систем централізованого гарячого водопостачання, які підключені до відкритих систем тепlopостачання, а також для систем місцевого (децентралізованого) гарячого водопостачання;
- не вище 75°C – для всіх вищезазначених систем.

У тих випадках, коли споживачам необхідна гаряча вода з більш високою температурою, наприклад, на підприємствах громадського харчування для миття жирного посуду необхідна вода з температурою $75\text{-}80^{\circ}\text{C}$, то централізоване гаряче водопостачання повинно доповнюватися місцевим догрівом води.

У зв'язку з можливим охолодженням гарячої води в трубопроводах її температуру на виході з підігрівальної установки необхідно приймати $t_{\Gamma} = t_{\Gamma,\text{min}} + (5 - 10)^{\circ}\text{C}$, тобто при закритих системах тепlopостачання вона складе 60°C , а при відкритих – 70°C .

Норми витрати гарячої води, наведені в додатках табл. Д 16 - Д 17, відносяться до температури $t_{\Gamma} = 55^{\circ}\text{C}$. При використанні для побутового

гарячого водопостачання води з іншою температурою норма її витрати визначається з умови подачі абонентам нормованої кількості теплоти.

Графік споживання гарячої води побутовими теплоспоживачами носить надзвичайно нерівномірний характер. Навантаження гарячого водопостачання житлових будинків має, як правило, в робочі дні максимуми у ранкові і вечірні години (рис. 8) та провали в денний і пізній нічний час. В будинках з ванними пікове навантаження гарячого водопостачання перевищує середньодобове в 2-3 рази. У вихідні дні добовий графік гарячого водопостачання має більш рівномірне заповнення.

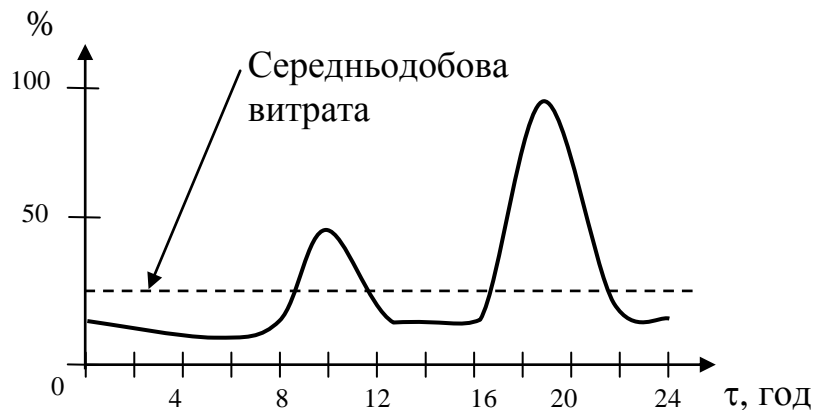


Рис.8. Добовий графік споживання гарячої води житловою будівлею.

Середня витрата теплоти в опалювальний період на гаряче водопостачання, Вт, визначається за формулами:

$$Q_{Г.В.}^{3\text{CP}} = \frac{K \cdot \sum (a \cdot m) \cdot (t_{Г} - t_{Х.З.})}{m_C \cdot 3600} \cdot c_B, \quad (44)$$

де **a** – норма споживання води на гаряче водопостачання при температурі 55⁰С на одиницю виміру за добу, кг/добу, береться за даними [12].
Норми споживання для деяких об'єктів наведені в додатку табл. Д8.

Орієнтовно можна приймати (на 1 людину): житлові будівлі -

85...120 кг/добу, гуртожитки - 80 кг/добу, громадські будівлі - 25 кг/добу.

m_c – розрахункова тривалість подачі води на гаряче водопостачання, год/доба. При цілодобовій подачі води $m_c = 24$;

m – кількість людей, чол;

c_B – питома теплоємність води, Дж / (кг К);

t_r – температура води на гаряче водопостачання, приймається 55°C ;

$t_{x.3.}$ - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, $^\circ\text{C}$, при відсутності даних повинна прийматися рівною 5°C ;

$K=1,2$ – коефіцієнт, що враховує тепловтрати в приміщеннях від трубопроводів систем ГВП (опалення ванних кімнат, сушка білизни).

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання в неопалювальний період, Вт, визначається за формулою:

$$Q_{Г.В.}^{Л.СР} = Q_{Г.В.}^{З.СР} \frac{(t_r - t_{x.л.})}{(t_r - t_{x.3.})} \cdot \beta, \quad (45)$$

$t_{x.л.}$ - температура холодної (водопровідної) води в літній період, $^\circ\text{C}$, при відсутності даних повинна прийматися рівною 15°C ;

β - коефіцієнт, що враховує зміну середньогодинної витрати води на гаряче водопостачання в літній період: 0,8 - для адміністративних будівель; 1,0 - для підприємств; 1,5 - для курортних і південних міст [13].

Максимальна витрата теплоти на ГВП в опалювальний період визначається з рівняння:

$$Q_{Г.В.}^{З.МАХ} = (2 - 2,4) \cdot Q_{Г.В.}^{З.СР} \quad (46)$$

Середню витрату гарячої води використовують для визначення продуктивності генераторів теплоти і підігрівачів при наявності у абонентів спеціальних баків-акумуляторів гарячої води та при приєднанні абонентів до теплових мереж зі схемами, які передбачають використання теплоаку-

мулюючої здатності будівель для зменшення пікового споживання теплоти з теплових мереж.

Максимальну витрату гарячої води використовують для визначення продуктивності генераторів теплоти і підігрівачів при відсутності у абонентів спеціальних баків-акумуляторів гарячої води та при приєднанні абонентів до теплових мереж зі схемами, які не передбачають використання теплоакumuлюючої здатності будівель.

В загальному випадку формула для визначення річних витрат теплоти на гаряче водопостачання житлових і громадських будинків в опалювальний період $Q_{Г.В.}^3$ та в неопалювальний період $Q_{Г.В.}^Л$, МДж/рік, має вигляд:

$$Q_{Г.В.}^{РІК} = Q_{Г.В.}^3 + Q_{Г.В.}^Л, \quad (47)$$

$$\text{де } Q_{Г.В.}^3 = 1,2 \cdot \sum (a \cdot m) \cdot (t_{Г} - t_{Х.З.}) \cdot c_{В} \cdot n_{О} \cdot 10^{-6}, \quad (48)$$

$$Q_{Г.В.}^Л = 1,2 \cdot \sum (a \cdot m) \cdot (t_{Г} - t_{Х.Л.}) \cdot c_{В} \cdot \beta \cdot (350 - n_{О}) \cdot 10^{-6}, \quad (49)$$

де $n_{О}$ - тривалість опалювального сезону, діб (додаток табл. Д 2).

350 - число діб роботи системи гарячого водопостачання за рік. Ця величина може бути змінена в залежності від кількості днів використання гарячої води. Витрата теплоти на гаряче водопостачання при режимах роботи відмінних від безперервних $Q_{Г.В.}^{РІК}$ зменшується з використанням коефіцієнтів (додаток табл. Д 18).

5.2 Розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання промислових теплоспоживачів

Графік добового споживання води на гаряче водопостачання промисловим підприємством (його цехами) носить дуже нерівномірний характер. Максимуми навантаження припадають на кінець зміни – 0 (24 години); 8 і 16 годин. Для згладжування піків навантаження в цехах встановлюють бойлери-акумулятори, в яких холодна водопровідна вода нагрівається мережевою водою протягом 7 - 8 годин між змінами і розбирається протягом 0,5 години в душових приміщеннях. Потім бойлери-акумулятори знову заповнюються водопровідною водою.

Середньодобова теплова потужність на гаряче водопостачання виробничими цехами, Вт, визначається з виразу:

$$Q_{\text{П.Г.В.}}^{\text{CP}} = \frac{P \cdot a \cdot c_{\text{В}}}{8 \cdot 3600} (t_{\text{Г}} - t_{\text{Х}}), \quad (50)$$

де P – число душових кабінок (сіток), шт. Звичайно $P = 10 - 20$ шт. на цех;

a – максимальна годинна витрата води через одну сітку в зміну, кг / (год шт зміна);

$t_{\text{Х}}$ – температура холодної води для літнього або зимового періоду, $^{\circ}\text{C}$.

Річна витрата теплоти, МДж / рік, на гаряче водопостачання виробничими цехами розраховується за формулою:

$$Q_{\text{П.Г.В.}}^{\text{РІК}} = Q_{\text{П.Г.В.}}^{\text{CP}} (8760 - \tau_{\text{Р}}) \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (51)$$

де $\tau_{\text{Р}}$ – число годин на ремонт теплових мереж (приймається 100 – 200 годин).

5.3 Розрахунок витрати теплоти на виробництво пари

Теплота, Вт, що відпускається від джерела теплопостачання промисловою парою, дорівнює:

$$Q_{\text{п.п.}} = D_{\text{п}} (h_{\text{п}} - c_{\text{в}} t_{\text{к}} \beta), \quad (52)$$

де $D_{\text{п}}$ – витрата пари теплоспоживачем, кг / с;

$h_{\text{п}}$ – ентальпія пари, Дж / кг, знаходиться з таблиць за тиском та температурою;

$t_{\text{к}}$ – температура конденсату, який повертається від споживача, приймається 95°C ;

β – частка повернення конденсату від теплоспоживача до джерела, обумовлюється в договорі на поставку теплової енергії з промисловою парою.

Річна витрата теплоти, МДж / рік, з промисловою парою розраховується за формулою:

$$Q_{\text{п.п.}}^{\text{РІК}} = Q_{\text{п.п.}} (8760 - \tau_{\text{р}}) \cdot 3600 \cdot 10^{-6}. \quad (53)$$

Якщо в якості промислового теплоносія використовується гаряча вода з температурою $t_{\text{н}} < 150^{\circ}\text{C}$, то кількість теплоти, Вт, з урахуванням втрат води, визначається з рівняння:

$$Q_{\text{п.в.}} = G c_{\text{в}} (t_{\text{н}} - t_{\text{х.в.}}) - G' c_{\text{в}} (t_{\text{н.зв.}} - t_{\text{х}}), \quad (54)$$

де G, G' - витрата води прямої і зворотної;

$t_{\text{н}}, t_{\text{н.зв.}}$, -температури прямої і зворотної води.

6. ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

6.1 Визначення теплового навантаження будівлі

У відповідності з [3] теплові навантаження будівель при розрахунках та виборі обладнання теплогенеруючих установок повинні визначатися для трьох характерних режимів:

- максимального зимового (при середній температурі навколишнього повітря за більш холодну п'ятиденку - розрахунковий параметр Б);
- найбільш холодного місяця (при середній температурі навколишнього повітря найбільш холодного місяця);
- літнього (при розрахунковій температурі навколишнього повітря теплого періоду - розрахунковий параметр А).

Річну витрату теплоти об'єктом при змінних годинних витратах теплоти протягом року можна визначити аналітично (за формулами) або графоаналітичним методом шляхом побудови графіка тривалості сезонного теплового навантаження (графіки Россандера). Такі графіки необхідні для вирішення ряду питань теплопостачання: вибору устаткування джерела теплоти з найбільш вигідними параметрами, встановлення економічного режиму роботи обладнання, вибору режиму завантаження і графіка ремонту цього устаткування і т.п.

Теплова потужність опалювальних приладів Q_0 , не враховує неминучі тепловтрати крізь зовнішні захисні конструкції за нагрівальними приладами і тепловтрати в подавальних і зворотних трубопроводах, які проходять в неопалювальних приміщеннях. Відповідно до [13] ці втрати не повинні перевищувати 10% розрахункових тепловтрат. В системах опалення громадських будівель такі тепловтрати допускається приймати до 15% розрахункових.

Виходячи з цього розрахункову теплову потужність системи опалення можна приймати рівною:

$$Q'_O = 1,1 \cdot Q_O. \quad (55)$$

Розглянемо методику побудови річних графіків на прикладі визначення сумарної річної витрати теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання житловими і громадськими будівлями.

Графік (рис. 9) складається з чотирьох квадрантів [8, 14, 15]. В лівому верхньому квадранті побудовані графіки залежності теплового навантаження опалення Q'_O , вентиляції Q_V , гарячого водопостачання $Q_{ГВ}$ (за опалювальний період і за літній період) і сумарного сезонного навантаження від температури зовнішнього повітря t_3 :

$$Q_{ТП} = (Q'_O + Q_{ГВ}^3 + Q_V). \quad (56)$$

Значення Q_O визначається за формулами (12) чи (13) при розрахунках за збільшеними показниками або з рівняння (2) без урахування Q_V у випадку вентиляції з обмеженням розрахункової температури зовнішнього повітря до $t_{p.v.}$.

Відповідно до формул (12,13 і 55) витрата теплоти Q'_O на опалення будівлі при прийнятих значеннях α, q_0, V_3, t_B лінійно збільшується із зменшенням температури зовнішнього повітря t_3 (рис. 9). Тому, для побудови графіка необхідно мати лише дві точки. При підвищенні температури зовнішнього повітря до рівня t_B значення $Q'_O = 0$, це перша точка. Друга – при $t_3 = t_{pO} - Q'_O$ має максимальне значення, яке знаходиться з рівняння (55).

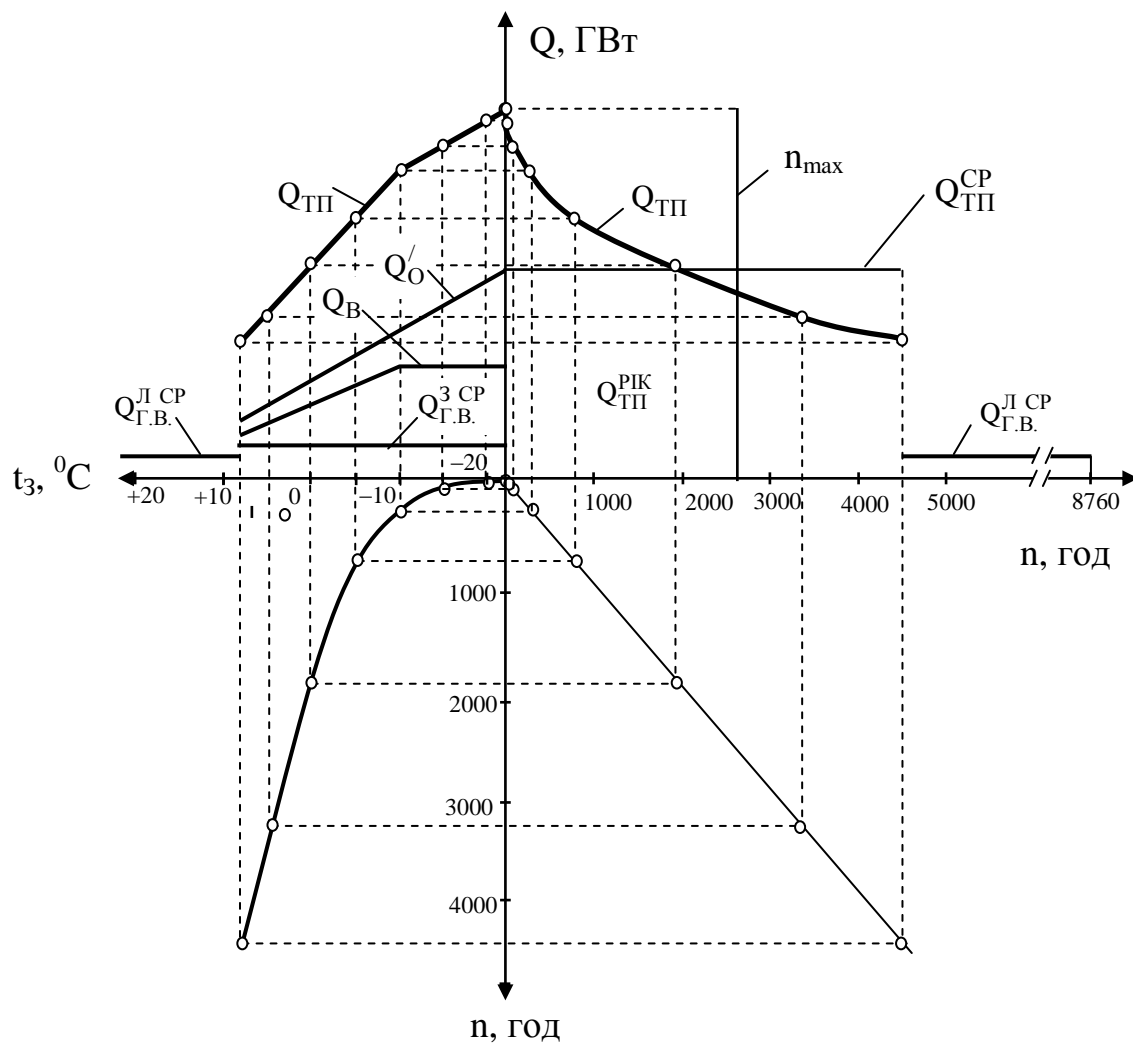


Рис. 9 Побудова графіка тривалості теплового навантаження.

Щоб уникнути перегріву і для економії палива з урахуванням акумулюючої здатності будівель прийнято, що опалення працює при температурах зовнішнього повітря нижче за температуру приміщень (звичайно при $t_3 = 8^{\circ}\text{C}$). Температури зовнішнього повітря нижчі за $t_3 < t_{\text{рО}}$ тривають звичайно недовго (близько 50 год/рік). З метою зниження капітальних витрат і з урахуванням акумулюючої здатності будівель розрахункову температуру зовнішнього повітря при проектуванні систем опалення приймають дещо вище (розрахунковий параметр Б зовнішнього повітря) за найнижчу тем-

пературу, що спостерігалася в даній місцевості.

З метою економії витрати теплоти за розрахункову зовнішню температуру для вентиляції з обмеженням у будівлях приймається $t_{p.v.}$ - середня температура найхолоднішого періоду року (розрахунковий параметр А). У зв'язку з цим при визначенні витрат теплоти на вентиляцію житлових будівель слід розрізняти два діапазони зовнішніх температур: I - діапазон $t_3^{max} = 8^0 \leq t_3 \leq t_{p.v.}$ витрата теплоти на вентиляцію залежить від зовнішньої температури. При побудові графіка у I діапазоні, за аналогією для опалення, $Q_B=0$ при $t_3 = t_B$ і зростає до розрахункового значення, яке визначається з рівняння (40) чи (41), при $t_3 = t_{p.v.}$ II діапазон - від $t_3 = t_{p.v.}$ до $t_3 = t_{p.o.}$ - коли витрата теплоти на вентиляцію постійна і дорівнює його розрахунковому значенню Q_B . Період, коли $t_3 < t_{p.v.}$ складає не більше 15% від усього опалювального періоду, тому допустимо зменшення притоку свіжого повітря до приміщення із збереженням розрахункового теплового навантаження на вентиляцію.

Кількість теплоти на гаряче водопостачання не залежить від зовнішньої температури, а визначається за формулами (44) і (45) відповідно для опалювального періоду при $t_3 < 8^0\text{C}$ та для неопалювального $t_3 > 8^0\text{C}$.

Графік сумарного сезонного теплового навантаження Q_{TP}^{PIK} будується складанням ординат при однакових температурах.

В нижньому лівому квадранті наведена крива тривалості стояння n зовнішніх температур t_3 , рівних даній температурі або нижче протягом опалювального періоду.

Для побудови такого графіка з кліматологічних таблиць знаходять число годин стояння різних зовнішніх температур для географічного пункту, в якому розташована будівля з інтервалом температур $5 - 10^0\text{C}$, включаючи в інтервал тривалість стояння даної температури і температур ниж-

че неї (рис. 9). В перший інтервал входить тривалість стояння розрахункової температури для опалення і температур нижче неї. Приклад кліматологічних таблиць тривалості стояння температур зовнішнього повітря для Києва наведено у таблиці 19.

Таблиця 19

Тривалості стояння температур зовнішнього повітря [16]

Середньодобові температури зовнішнього повітря, °С	$t_3 < -22$	$-22 \dots -20$	$-20 \dots -15$	$-15 \dots -10$	$-10 \dots -5$	$-5 \dots 0$	$0 \dots +5$	$+5 \dots +8$	Сума
Тривалість періоду, діб.	0	0	3	5	8	28	69	74	187
2006 - 2007									
Тривалість стояння температур, год.	0	0	72	120	192	672	1656	1776	4488
За кліматологічними таблицями									
Тривалість стояння температур, год.	3	22	118	322	670	1255	1450	628	4488

В нижньому правому квадранті проведена пряма лінія під кутом 45° до вертикальної і горизонтальної осей, що використовується для перенесення значень шкали n_0 з нижнього лівого квадранта у верхній правий квадрант. Графік тривалості теплового навантаження $Q_{ТП}$ будується для різних зовнішніх температур t_3 по точках перетину штрихових ліній, що визначають теплове навантаження і тривалість стояння навантажень, рівних або більше даної (правий верхній квадрант). Площа фігури під кривою тривалості теплового навантаження $Q_{ТП}$, яка обмежена осями координат, відповідає у певному масштабі витраті теплоти на опалення, ГВП та вентильацію за опалювальний сезон $Q_{ТП}^{РІК}$. Чисельне значення річної витрати теплоти знаходять за формулою:

$$Q_{ТП}^{РІК} = f \cdot M, \quad (57)$$

де f – площа вказаної фігури на графіку, мм^2 чи см^2 ;

M – масштабний коефіцієнт, який виражає кількість теплоти, яка приходить на прийняту одиницю площі, ГДж/одиниця площі.

Якщо складну фігуру, яка виражає річну витрату теплоти, на графіку замінити рівновеликим за площею прямокутником з довжиною n_0 відповідної загальному числу годин n_0 роботи системи теплопостачання, то висота такого прямокутника відповідатиме середньогодинній витраті теплоти за рік (опалювальний сезон):

$$Q_{\text{ТП}}^{\text{CP}} = \frac{Q_{\text{ТП}}^{\text{РІК}}}{n_0} . \quad (58)$$

Якщо ту ж складну фігуру на графіку рис. 8 замінити прямокутником з висотою, рівною розрахунковій витраті теплоти, то довжина такого прямокутника відповідатиме так званому числу годин використання максимуму n_{max} , тобто числу годин, за яке може бути витрачена вся кількість теплоти за опалювальний сезон, якщо вона витрачатиметься з максимальною витратою. Чим більше число годин використання максимуму, тим більш рівномірно витрачається теплота споживачем протягом року.

Середня витрата теплоти на опалення, Q_{O} визначається за формулою:

$$Q_{\text{O}}^{\text{CP}} = Q_{\text{O}}^{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{B}} - t_{\text{CP.O.}}}{t_{\text{B}} - t_{\text{P.O.}}} , \quad (59)$$

де $Q_{\text{O}}^{\text{max}}$ - максимальна витрата теплоти на опалення житлових і громадських будівель, Вт. Визначається з рівняння (55).

$t_{\text{CP.O.}}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$, (додаток табл. Д2).

Питома теплова потужність системи опалення (віднесена до одиниці загальної площі будівлі $F_{\text{П}}$), $\text{Вт}/\text{м}^2$:

$$q = \frac{Q_O^{\max}}{F_{\Pi}}. \quad (60)$$

Річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік для житлових та громадських будинків, які опалюються цілодобово:

$$\begin{aligned} Q_O^{\text{РІК}} &= Q_O^{\text{СР}} \cdot n_O \cdot Z_O \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = \\ &= Q_O^{\max} \cdot \frac{t_B - t_{\text{СР.О.}}}{t_B - t_{\text{Р.О.}}} \cdot n_O \cdot Z_O \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \end{aligned} \quad (61)$$

де $Z_O = 24$ - час роботи систем опалення житлових і громадських будинків протягом доби, год.

Кількість теплоти за опалювальний сезон, МДж/рік, становитиме:

$$Q_{\text{ТП}}^{\text{РІК}} = Q_O^{\text{РІК}} + Q_{\text{Г.В.}}^3 + Q_B^{\text{РІК}}. \quad (62)$$

Річну кількість теплоти, МДж/рік, визначають за формулою:

$$Q^{\text{РІК}} = Q_O^{\text{РІК}} + Q_{\text{Г.В.}}^{\text{РІК}} + Q_B^{\text{РІК}}. \quad (63)$$

Річну витрату палива на теплопостачання (кг /рік або тис. нм³ /рік) знаходять за формулою:

$$B_{\text{ТП}} = 1,05 \frac{Q^{\text{РІК}}}{Q_H^{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{К.А.}}} = 1,05 \frac{Q_{\text{ТП}}^{\text{РІК}} + Q_{\text{Г.В.}}^{\text{Л}}}{Q_H^{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{К.А.}}}, \quad (64)$$

де 1,05 - коефіцієнт, що враховує тепловтрати в трубопроводах;

$Q_H^{\text{Р}}$ - нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг або МДж/м³;

$\eta_{\text{К.А.}}$ - ККД котельного агрегату.

У тому випадку, коли теплове навантаження будівлі забезпечується теплою з різних джерел, для визначення ступеня їх участі в покритті річної витрати теплоти зручно користуватися інтегральним графіком [8,14,15] - $\varepsilon_{\text{РІК}} = f(\varepsilon_{\text{С}})$, де $\varepsilon_{\text{С}} = Q_{\text{ТП}}^{\text{і}} / Q_{\text{ТП}}$ - відношення теплового на-

вантаження джерела $Q_{\text{ТП}}^i$ до розрахункового навантаження $Q_{\text{ТП}}$, тобто до навантаження при зовнішній температурі $t_{\text{ро}}$; $\varepsilon_{\text{РІК}} = Q_{\text{ТП}}^{i \text{ РІК}} / Q_{\text{ТП}}^{\text{РІК}}$ - відношення кількості теплоти, що відпускається за опалювальний сезон джерелом, що має розрахункове навантаження $Q_{\text{ТП}}^i$, до сумарної витрати теплоти за сезон $Q_{\text{ТП}}^{\text{РІК}}$.

Інтегральний графік будується на базі графіка тривалості теплового навантаження (рис. 9). Графік тривалості теплового навантаження (рис. 10 а) ділять горизонтальними лініями через рівні інтервали по осі ординат на ряд площадок і визначають відношення площі цих площадок до площі графіка тривалості теплового навантаження, яка дорівнює витраті теплоти за опалювальний сезон. Отримані данні наносять на інтегральний графік (рис. 10. б). Як видно з рисунку вся площа $O p n l e b c 0$ нижче тривалості теплового навантаження розбита горизонтальними лініями $a b$, $d e$, $k l$ і $m n$ на ряд площадок. Площа $O a b c 0$ дорівнює витраті теплоти від джерела, потужність якого дорівнює 20% розрахункової витрати теплоти $\varepsilon_{\text{С}}=0,2$. Відношення площі $O a b c 0$ до усієї площі графіка тривалості теплового навантаження $O p n l e b c 0$ $\varepsilon_{\text{РІК}}=0,4$. На інтегральному графіку значенню $\varepsilon_{\text{РІК}}$ відповідає точка А. Далі розглядається відносне навантаження $\varepsilon_{\text{С}}=0,4$. Йому відповідає площа графіку $O d e b c 0$, яка складає 72% площі графіка тривалості теплового навантаження $\varepsilon_{\text{РІК}}=0,72$. На інтегральному графіку цьому навантаженню відповідає точка В. Таким же чином наносять на інтегральний графік $O A B C D E$ і інші точки.

За допомогою інтегрального графіка легко встановити можливість покриття річної потреби в теплоті за рахунок різних джерел теплопостачання. Наприклад, якщо опалювальне навантаження району забезпечується двома джерелами теплоти, з яких один, більш економічний, має потуж-

ність, рівну 70% максимального теплового споживання району ($\varepsilon_C = 0,7$), а інший, менш економічний здатний покрити останні 30 % максимального теплового споживання, то, як видно з рис. 10 точка К, перший може забезпечити 96 % річної витрати теплоти ($\varepsilon_{РІК} = 0,96$) (площа $OmnbcO$ графіка тривалості), а другий - тільки 4 % річної витрати теплоти (площа $trnm$).

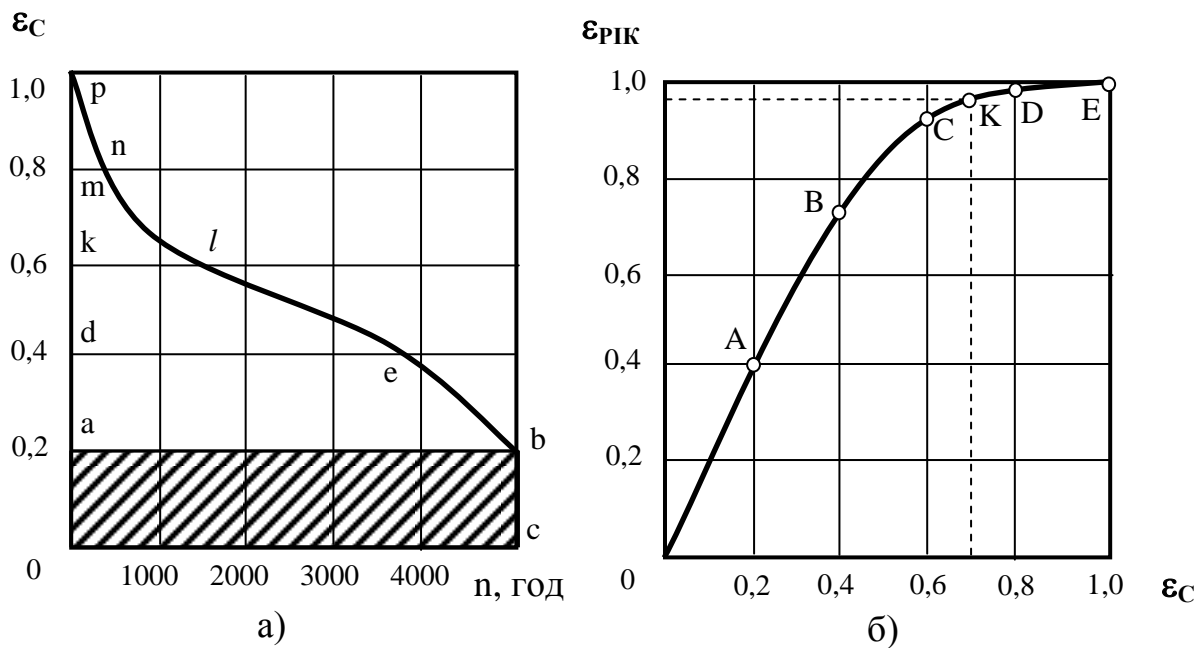


Рис. 10 Побудова інтегрального графіка теплового навантаження.
 а) графік тривалості теплового навантаження $\varepsilon_C = f(n)$;
 б) інтегральний графік $\varepsilon_{РІК} = f(\varepsilon_C)$.

6.2 Аналіз структури системи тепlopостачання будівель

Тепlopостачання підприємств включає виробництво теплової енергії, її транспортування і економічний розподіл теплоти між споживачами. До споживачів теплоти підприємств можна віднести: технологічне устатку-

вання і технологічні процеси, систему гарячого водопостачання для технологічних і господарсько-побутових потреб, системи опалення і вентиляції.

Вибір системи теплопостачання будівлі починається з вибору джерела теплоти (рис.11).



Рис. 11. Послідовність вибору елементів системи теплопостачання.

Системи теплопостачання бувають:

– централізовані, які включають: джерела теплоти, теплові мережі і декілька споживачів;

– децентралізовані - це системи, в яких відсутні теплові мережі.

Теплові мережі можуть бути розподільні і магістральні.

На сьогоднішній день існують наступні можливості забезпечення необхідної потужності системи тепlopостачання у випадку наявності декількох джерел енергії:

- моновалентний режим роботи системи, коли всі потреби системи забезпечуються одним джерелом, додаткове джерело енергії відсутнє (рис. 12 а)
- бівалентний режим роботи - існує додаткове джерело енергії

У випадку бівалентного альтернативного режиму роботи (рис. 12 б) відбувається відключення основного джерела теплоти, і система функціонує виключно за рахунок додаткового джерела теплоти.

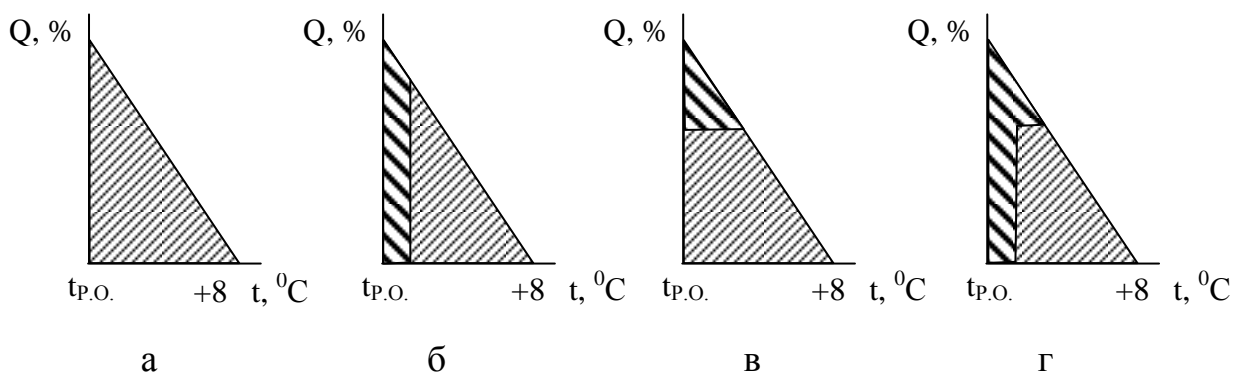


Рис. 12 – Варіанти покриття навантаження системи опалення.

а – моновалентний режим роботи; б – бівалентний альтернативний режим роботи; в – бівалентний паралельний режим роботи; г – бівалентний комбінований режим роботи.

У випадку бівалентного паралельного режиму роботи (рис. 12, в) основне джерело працює постійно, а навантаження, яке перевищує встановлену потужність джерела покривається за допомогою додаткового джерела. В цьому випадку обидва джерела енергії функціонують паралельно.

Використання бівалентного комбінованого режиму роботи зустріча-

ється вельми рідко. При такому режимі додаткове джерело теплоти починає працювати, коли потужності основного джерела не вистачає для покриття потреб системи теплопостачання. Якщо ж потреба в теплоті продовжує збільшуватися і далі, то основне джерело відключається і система переходить повністю на живлення від додаткового джерела.

Останніми роками, у зв'язку з появою на ринку автоматизованого котельного устаткування, з одного боку, і зростанням тарифів на теплову і електричну енергію, з другого боку, для умов міста або селища вибір системи теплопостачання може здійснюватися:

- від централізованого джерела теплоти - від теплових мереж систем теплопостачання населеного пункту (моновалентний режим роботи);
- від децентралізованого джерела теплопостачання - автономного джерела теплоти для будівлі, яке розташовано окремо, вбудовано чи прибудовано, дахової котельні або когенераційної установки (можливі усі режими покриття теплового навантаження);
- від індивідуальних теплогенераторів систем поквартирного теплопостачання.

При виборі варіанта теплопостачання необхідно враховувати як економічні, так і екологічні особливості, соціальні конфлікти, погіршення екологічної ситуації в зонах активної життєдіяльності.

Централізована система теплопостачання володіє перевагами: економія палива, зменшення викидів, зручне очищення відхідних газів, використання альтернативних видів палива (біомаса), надійність. До недоліків можна віднести втрати при розподілі і транспортуванні, а також складність в регулюванні.

В разі децентралізованого теплогенератора, необхідно пам'ятати про забезпечення його надійної експлуатації.

Все ж таки головними критеріями вибору теплового устаткування слід визнати його технічні показники, оскільки кваліфікований вибір може привести до зниження капітальних і експлуатаційних витрат на систему автономного тепlopостачання будівлі.

Дуже важливо для опалення будівлі правильно вибрати необхідну потужність котла. Багато фірм пропонують приблизний вибір: 1 кВт потужності необхідно для опалення 10 м² добре утепленого приміщення з висотою стелі до 3 м. Треба мати на увазі, що ця формула дуже приблизна.

Більш правильно обирати потужність котельного агрегату згідно проведеним розрахункам, наведеним у вище зазначених розділах, при цьому найбільш точним є розрахунок за тепловими втратами, а не за збільшеними показниками.

Котельні всіх типів класифікуються за типом котлів, за видом палива та теплоносія, за схемою відпуску теплоти та ін. Для систем тепlopостачання застосовують як водогрійні, так і парові котли. Їхня основна характеристика - тепла потужність (в основному, для водогрійних котлів) або номінальна паропродуктивність (парові котли). У котельних установках централізованого тепlopостачання встановлюють парові котли паропродуктивністю не менше 2,5 т/год і водогрійні - тепловою потужністю не менше 4,6 МВт. При децентралізованому тепlopостачанні використовують котли малої теплопродуктивності, теплогенератори, опалювальні печі, газові й електричні водонагрівачі.

Для заданих: теплоносія, палива і способу спалювання вибір котлів залежить від величини теплової потужності, обумовленої для зимового і літнього періодів року. У холодний період розрахункова тепла потужність дорівнює сумі максимальної теплової потужності системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і витрати теплоти на технологічні по-

треби. У літній період розрахункова потужність складається з максимальних значень споживання теплоти на гаряче водопостачання і технологічні потреби.

Для покриття теплового навантаження можливе використання традиційних чи нетрадиційних джерел теплової енергії. Кожне з вище згаданих джерел має свої недоліки та переваги. Потужність джерел теплопостачання визначають відповідно з формулою (56).

Опалювальні котли класифікуються за рядом параметрів: за паливом, на якому працює котел (газові, твердопаливні та на рідкому паливі) і електричні; за кількістю контурів (одноконтурні котли і двоконтурні); за способом установки (підлогові і настінні), за способом видалення відпрацьованих газів (з природною або примусовою тягою); за рядом інших параметрів.

1. **Електричні теплогенератори** не знаходять широкого вживання, в основному, через високу вартість електроенергії при її використанні на потреби опалення, а також часто обмежений ліміт електричної потужності, що виділяється індивідуальному забудовнику. Подібні котли з невеликою потужністю використовуються для опалення і гарячого водопостачання житлових або допоміжних будинків з невеликою площею.

2. **Котли на рідкому паливі** працюють на мазуті або дизельному паливі.

Встановлення такого котла може забезпечити практично повну автономність опалення будівлі від зовнішніх джерел. По-перше, відсутня залежність від подачі газу. По-друге, при установці додатково до котла ще і автономного джерела електроживлення (для забезпечення нормальної роботи автоматики котла, пальника, насосів), не буде залежності і від подачі електроенергії. Єдине, що знадобиться при використанні котла на рідкому паливі від „зовнішнього світу” - це підвезення дизельного палива.

Мінуси: необхідність організації складу для зберігання палива на безпечній відстані від основних будівель та більш висока вартість палива.

Як правило, конструкція котла універсальна і перехід на використання в ньому природного газу здійснюється швидкою заміною виносного дизельного пальника на газовий з подальшою його наладкою. Котел продовжує працювати з тією ж автоматикою, яких-небудь переробок в тепловій схемі котельної при цьому не вимагається.

3. Для **газових котлів** необхідне підключення до системи газопостачання. Плюси - можливість організації роботи системи опалення в повністю автоматичному режимі, компактність котельного устаткування. Мінус – дороге підключення до системи газопостачання.

Перевагою газових котлів є значний ККД (94-97%) і висока безпека роботи котла. Це практично ідеальне рішення для тих, хто хоче замінити свою газову колонку на апарат, що дає не тільки гарячу воду, але і забезпечує можливість автономного індивідуального опалення незалежно від побутово-комунальних служб.

За типом пальника, що використовується, підлогові газові котли прийнято розділяти на атмосферні і наддувні комбіновані. Наддувні комбіновані котли мають більший ККД (на 5-10%), ніж аналогічної потужності атмосферні газові котли. Як правило, комбінований наддувний котел купують разом з недорогим дизельним пальником. Це робиться в тих випадках, коли в заміському будинку (на момент введення котла в експлуатацію) поки немає магістрального газу, але його підведення заплановано в найближчому майбутньому, а з підведенням газової магістралі встановлюють газовий пальник.

4. **Твердопаливні котли** можуть працювати на бурому або кам'яному вугіллі, антрациті, коксі, торф'яних брикетах, дровах (дерево з вологістю до 35%), соломі, відходах виробництв деревообробки, тваринництва

і багато чому іншому. Мінуси - необхідність складування запасів палива, неможливість організації роботи системи опалення в повністю автоматичному режимі. Плюси: великий спектр і дешевизна палива (у разі використання відходів на спалюванні палива можна навіть заробити).

Існують як "всеїдні" моделі, які можуть працювати на всіх вищезгаданих видах палива, так і працюючі на деяких з них, але мають при цьому більший ККД.

Однією з основних переваг більшості твердопаливних котлів є те, що з їх допомогою можна створити повністю автономну систему опалення. Тому частіше такі котли використовують в районах, де є проблеми з подачею магістрального газу і електрики. Недолік більшої частини котлів цього класу - вони не можуть працювати в повністю автоматичному режимі і вимагають регулярного завантаження палива.

Відносно недавно з'явилися моделі твердопаливних котлів з піролізним спалюванням деревини (газогенераторні котли). В таких котлах горять не тільки самі дрова, але і деревний газ, що виділяється з них під впливом високої температури. Під час такого спалювання не утворюється сажа і з'являється мінімальна кількість золи. Котли з піролізним спалюванням деревини мають більший ККД (до 85 %) і дозволяють автоматично регулювати потужність. До недоліків цих котлів можна віднести більш високу ціну, в порівнянні з традиційними твердопаливними котлами.

5. Комбіновані котли (із змінними пальниками) - можуть поєднувати всі вищеперелічені методи.

Одноконтурні котли - використовуються тільки для організації системи опалення. Двоконтурні котли - використовуються для організації системи опалення і гарячого водопостачання.

Настінні котли - такий спосіб установки частіше практикується для компактних газових котлів. Підлогові котли - найпоширеніший спосіб

установки.

Принципово розрізняються теплогенератори з місткістю для нагрівання води суцільносталевої або набраної з окремих, як правило, чавунних секцій. Останні більш корозійно стійкі, що важливо, оскільки якість води, якою заповнюються інженерні системи будівлі, часто далека від ідеальної. Секційні котли, які можуть поставлятися на об'єкт в розібраному вигляді, зручні при монтажі в обмежених умовах будмайданчика. Ще одна їх перевага — можливість швидкої аварійної заміни в процесі експлуатації, якщо секція вийшла з якої-небудь причини з ладу.

В особливу групу необхідно виділити настінні газові котли, або так звані термоблоки, які мають дуже широке розповсюдження на Заході. Настінний генератор теплоти має багато переваг. Він компактний, зручний в монтажі і експлуатації, універсальний у виборі місця його розміщення в будинку. Котел оснащений вже вбудованим в нього необхідним устаткуванням: циркуляційним насосом, розширювальним мембранним баком, повітровідвідником, запобіжною і запірною арматурою. Певний тип даного котла дозволяє відмовитися від традиційного димаря і відводити продукти згоряння за допомогою спеціальної конструкції "труба в трубі".

В сучасних умовах при будівництві і реконструкції об'єктів в промисловості, міському і житлово-комунальному господарстві, а також в приватному секторі все більшого вживання одержують автономні системи теплопостачання, серед яких слід виділити модульно-блокові і контейнерні котельні. Модульна котельня призначена для опалення, отримання пари і гарячої води. Як правило, вона складається з одного або декількох модулів, в яких розміщено основне і допоміжне устаткування, включаючи побутові приміщення, які з'єднуються в єдине ціле на місці монтажу. Як паливо використовується: природний газ, паливний мазут, дизельне паливо, сира нафта, відходи ГММ, кам'яне і буре вугілля, брикети, відходи деревини (дрова, тріска,

тирса).

Переваги модульних котельних в порівнянні з традиційними системами опалювання: висока економічність; швидке введення в експлуатацію; робота в автоматичному режимі.

Висока економічність сучасних котлів (водогрійних і парових), ККД – 92-95 % і мінімальні викиди шкідливих речовин в атмосферу роблять модульні котельні перспективними при вирішенні задач теплопостачання найрізноманітніших об'єктів від виробничо-адміністративних будівель і житлових будинків до котеджів: скрізь, де хочуть мати власне джерело теплоти, з яким можна розумно і економно вести господарство.

Серед нетрадиційних джерел теплопостачання особливе місце займають теплонасосні установки (ТНУ). Їх застосування в системах теплопостачання – один з важливих перетинів техніки низьких температур з теплоенергетикою, що приводить до енергозбереження невідновлювальних джерел енергії і захисту оточуючого середовища за рахунок скорочення викидів CO_2 і NO_x в атмосферу. Перспективним є використання ТНУ в комбінованих системах теплопостачання в поєднанні з іншими технологіями використання поновлювальних джерел енергії (сонячної, вітрової, біоенергії) і дозволяє оптимізувати параметри в сумісних системах і досягати найбільш високих економічних показників.

ТНУ - це компактні опалювальні установки для автономного обігріву, охолодження і гарячого водопостачання. Такі системи працюють без використання палива і не мають шкідливих викидів в атмосферу. Приблизно три чверті необхідної енергії тепловий насос бере з навколишнього середовища, частина, що залишилася, покривається електричним струмом, необхідним для роботи компресора теплового насоса [15]. Важливою особливістю ТНУ є універсальність по відношенню до виду енергії, що використовується (електрична, тепла). Це обумовлено тим, що компресор

ТНУ може приводитися в дію механічним, електричним чи будь-яким тепловим двигуном. Це дозволяє оптимізувати паливний баланс енергоджерела шляхом заміщення більш дефіцитних енергоресурсів менш дефіцитними.

Встановлення теплового насоса для системи опалення є доцільним тільки для гарно ізольованих будівель, в яких питома тепла потужність системи опалення до одиниці загальної площі будівлі менше 50 Вт/м^2 . Використання теплового насосу в будівлях з більшими питомими тепловими втратами призведе до зростання капітальних та експлуатаційних витрат або взагалі не може бути технічно реалізовано.

Основним питанням при встановленні теплового насосу є вибір джерела низькопотенціальної теплоти, в якості якого може бути будь-яке джерело теплоти доступне в зимовий час і має достатній температурний потенціал, який забезпечує необхідну ефективність. Теплоту від джерел низькопотенціальної теплоти відбирає холодоагент, який рухається по зовнішньому контуру установки теплового насоса. Джерелом низькопотенціальної теплоти може бути ґрунтова, морська та річна вода, каналізаційні стічні води, ґрунт, повітря, витяжне повітря системи вентиляції і т.п. Дані про температури джерел низькопотенційної теплоти наведені в табл. 20.

Для автономного теплопостачання котеджів, окремих будинків, міських районів, населених пунктів використовують переважно парокомпресійні теплові насоси тепловою потужністю 10-30 кВт (котеджі, окремі будинки) і до 5 МВт (для районів і населених пунктів).

Існує багато різноманітних схем використання ТН. Найбільш економічно вигідним є використання бівалентного паралельного режиму роботи, при якому ТН має меншу потужності, яка складає приблизно 70-80% від максимального навантаження теплопостачання. ТН функціонує постійно, а

навантаження, яке перевищує встановлену потужність теплового насоса покривається за допомогою теплового електричного нагрівача (ТЕНа) вмонтованого в ТН або спеціального додаткового теплонагрівача.

Таблиця 20

Відомості про джерела низькопотенціальної теплоти

Джерела теплоти	Середовище зовнішнього контуру ТН	Температура джерела, °С
Грунтові води	Вода	8...15
Грунт	Антифриз	2...10
Вода з водоймища	Вода	6...10
Річкова вода	Антифриз	1...10
Каналізаційні стоки	Вода	10...17
Повітря оточуючого середовища	Повітря	-8...15
Витяжне повітря	Повітря	18...25

У випадку, коли теплове навантаження забезпечується теплотою з різних джерел, для виявлення ступеня їх участі в покритті річної витрати теплоти можна користуватися інтегральним графіком.

За допомогою інтегрального графіка легко встановити яка кількість теплоти протягом року виробляється різними джерелами. Так ТН покриває 97% потреб теплової енергії за опалювальний період, хоча його потужність і складає лише 70% від розрахункової потужності системи теплопостачання. Отже ТЕН виробляє протягом року лише 3% необхідної на теплопостачання енергії.

Інтегральний графік наочно демонструє раціональність використання бівалентного паралельного режиму роботи обладнання системи теплопостачання.

Системи опалення призначені для компенсації всіх видів теплових втрат - як трансмісійних (через елементи будівлі), так і вентиляційних (з

припливом холодного повітря зовні і втратами теплого повітря). Зміни енерговитрат на опалення в залежності від місяців року наведено на рис. 13.

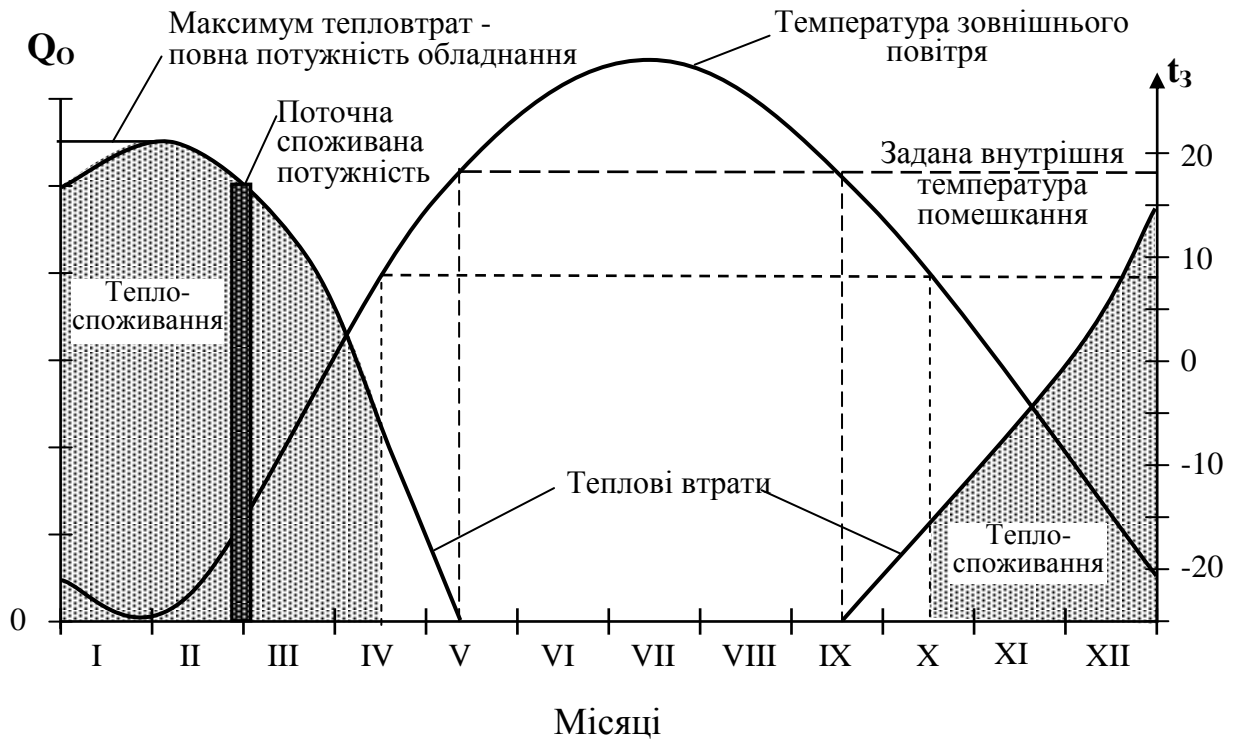


Рис.13. Розподіл тепловтрат та споживання теплоти в залежності від температури зовнішнього повітря за місяцями року.

Передача теплоти від енергоджерела до внутрішнього повітря забезпечується опалювальними системами за допомогою нагрівальних приладів.

Існують три основні види опалювальних систем: інфрачервоні системи - передають теплоту випромінюванням; конвекційні; обігрівачі з подачею теплого повітря.

Інфрачервоні системи. Інфрачервоні обігрівачі передають енергію в оточуюче середовище переважно випромінюванням. Теплова енергія з поверхні приладу, не поглинаючись повітрям, передається «холодним» поверхням і предметам в зоні дії приладу, нагріваючи їх. У свою чергу, підлога,

стіни, меблі і т.д. віддають теплоту повітрю в приміщенні. При цьому людина в зоні дії приладу відчуватиме себе комфортно навіть при зниженій температурі. Зважаючи на малу різницю температур підігрів повітря буде незначним. Ці особливості роботи інфрачервоних приладів дозволяють істотно знизити споживання енергії.

Конвекційні системи. При даному способі передачі теплоти відбувається нагрівання повітря, що проходить вздовж гарячих поверхонь радіаторів або конвекторів. При цьому, внаслідок дії гравітаційних сил, виникає висхідний потік. Підігріте повітря підіймається вгору і замінюється холодним, тобто відбувається процес конвекції.

Якщо джерело теплоти розташовано під вікном, то потоки холодного повітря з вікон нейтралізуються потоком теплого повітря, що підіймається.

Обігрів за допомогою подачі теплого повітря. При даному способі обігріву приміщення теплові втрати компенсуються за рахунок додавання підігрітого повітря в об'єм приміщення. Кімнатне повітря охолоджується в області зовнішніх стін і, отже, тепле повітря, що подається, повинно мати більшу температуру, ніж необхідна температура в приміщенні.

Внаслідок того, що тепле повітря легше і завжди підіймається вгору, може спостерігатися значна різниця між температурою у стелі і біля підлоги. При великій висоті стелі ця різниця в температурі повинна вирівнюватися стельовими вентиляторами.

При обігріві теплим повітрям або за допомогою конвекторів виникають відносно великі температурні градієнти. Установка стельових вентиляторів є дуже простим і недорогим способом вирівнювання різниці температур. Тепле повітря притискається з області стелі вниз, в зону перебування людей.

7. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ БУДІВЛІ

Визначити річні витрати теплоти заданої будівлі на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання і побудувати графіки теплового навантаження та інтегральний. Підібрати обладнання для покриття теплового навантаження за рахунок децентралізованого джерела енергії.

Задана будівля дитячого садка, який відвідують **m** осіб (табл. 21), розмірами **A**х**B** з орієнтацією за сторонами світу, побудована у місті – **Київ**, у – **1981** році. Вона має – **n** поверхів висотою – **h**. Стіни мають внутрішнє та зовнішнє оздоблення (див. рис. 4). На фасадній стороні будівлі встановлено **n_{ДВ}** входних дверей розмірами (**d** х **c**), а на тилівій - одні. Повздовжні стіни мають на першому поверсі по (**n_В** – **n_{ДВ}**) вікон розмірами (**a** х **b**), а на інших поверхах **n_В**, а бічні стіни – по одному вікну на поверсі. Матеріали і типи дверей та вікон зазначено у таблиці 22. Підлога першого поверху розташована безпосередньо на ґрунті (див. рис. 4) і виконана з заданих шарів матеріалів. Товщина міжповерхового перекриття становить 0,2 м. Горище в будівлі відсутнє. Дах виконаний пласким, багатошаровим (див. рис. 4). Тип та характеристики матеріалів шарів, з яких виконані стіни, підлога та дах, наведено у табл. 23. Садок працює 5 днів на тиждень по 12 годин. Система припливно-витяжної вентиляції відсутня.

Таблиця 21.

Характеристики будівлі.

Назва будівлі	Місто	Рік за будови	Кількість людей	Розміри будівлі		Розміри та кількість						Кількість та висота поверхів	
						вікон			дверей				
Дитячий садок	Київ		m	A	B	a	b	n _В	c	d	n _{ДВ}	n	h
			чол.	м	м	м	м		м	м			м
		1981	60	20	12	1,5	1,5	5	1,2	2,5	1	2	2,8

Таблиця 22.

Огорожа	Матеріал огорожі	Термічний опір
		$R, \frac{m^2 \cdot K}{Wt}$
Вікна	Два однокамерних склопакета в роздільних рамах	0,74
Двері	Дуб упоперек волокон	0,39

Таблиця 23.

Огорожа	Матеріал огорожі (шару)	Товщина шару	Коефіцієнт теплопровідності
		δ, m	$\lambda, \frac{Wt}{m \cdot K}$
Стіни	Вапняк, $\rho=1200\text{кг/м}^3$	0,015	0,41
	Цементно-піщаний розчин	0,015	0,76
	Пінополіуретан $\rho=80\text{кг/м}^3$	0,1	0,0197
	Глиняна цегла на цементно-піщаному розчині	0,5	0,7
	Штукатурка на вапняно – піщаному розчині	0,02	0,7
Підлога	Сосна уздовж волокон	0,04	0,29
	Цементно-піщана стяжка	0,005	0,76
	Бетон на шлаку	0,15	0,64
Дах	Руберойд	0,002	1,92
	Цементно-перлитова стяжка, $\rho=800\text{кг/м}^3$	0,02	0,21
	Бітуми нафтові будівельні, $\rho=1400\text{кг/м}^3$	0,003	0,27
	Плити мінераловатні підвищеної жорсткості на органофосфатному зв'язуючому	0,1	0,07
	Керамзитобетон на керамзитовому піску, $\rho=1600\text{кг/м}^3$	0,15	0,67

Витрата на теплове навантаження будівлі у 2006-2007 опалювальному сезоні за лічильником становить $Q_{\text{ЛПЧ}} = 2 \cdot 10^5$ МДж/рік .

За вихідними даними виконується схема заданої будівлі в аксонометрії з зазначенням розмірів будівлі, вікон і дверей (рис.14).

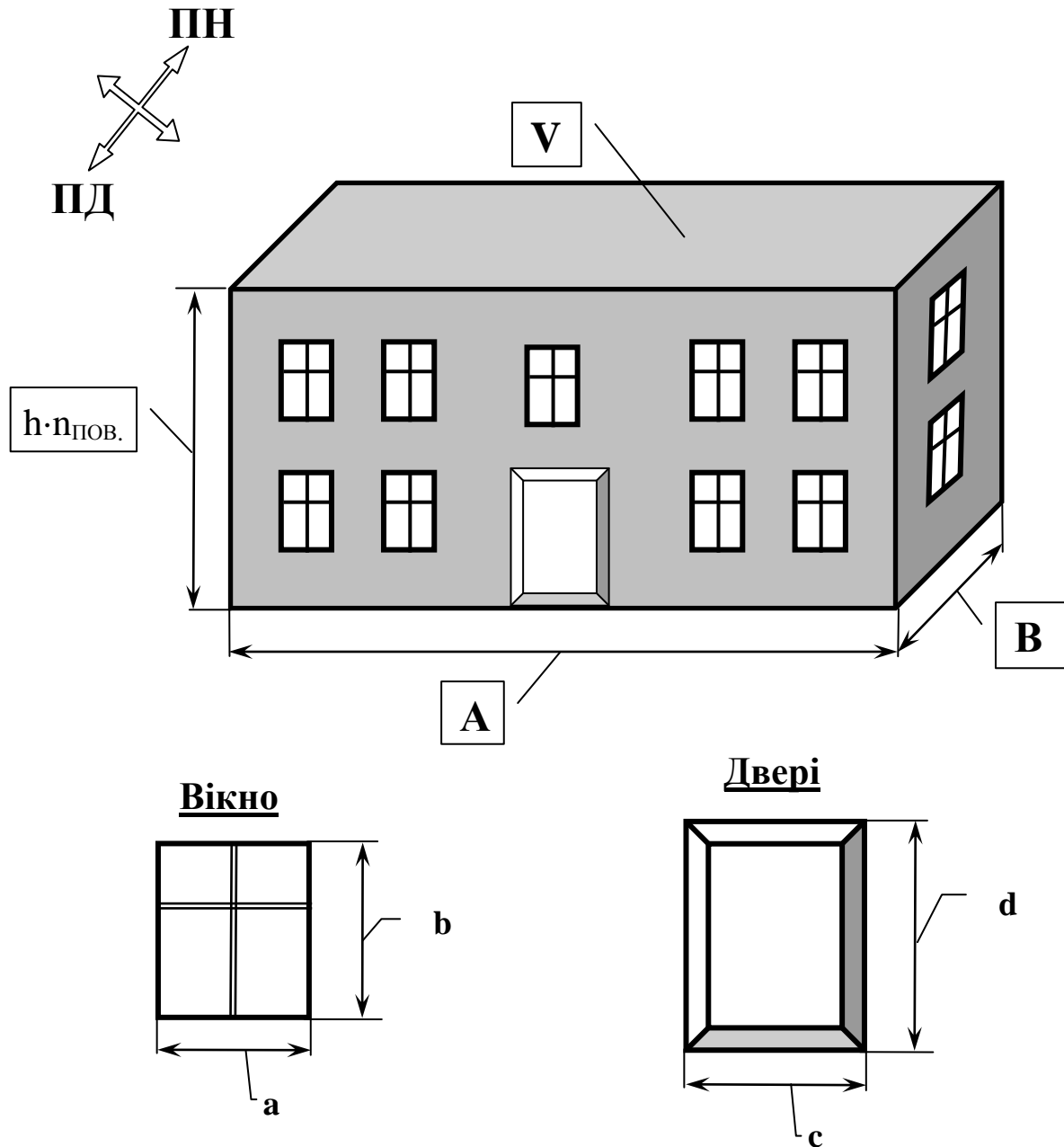


Рис. 14. Схема будівлі дитячого садка в аксонометрії.

7.1 Визначення втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції.

Розраховуємо втрати крізь огорожувальні конструкції за формулами (4-11) з урахуванням особливостей їх конструкцій, орієнтації за сторонами світу та матеріалів, з яких вони виготовлені (табл. Д 6 - Д 15). Результати розрахунків заносяться в таблиці 24 та 25.

7.2 Розрахунок втрат теплоти на інфільтрацію та гаряче водопостачання

Розрахунки витрати теплоти $Q_{\text{ІНФ}}^{\text{С.Н.}}$ на підігрів зовнішнього повітря, що поступає в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції в кількості, обумовленій санітарними нормами, проводимо за формулою (40):

$$Q_{\text{ІНФ}}^{\text{С.Н.}} = 0,337 \cdot F_{\text{П}} \cdot h_{\text{П}} (t_{\text{В}} - t_{\text{З}}) = 0,337 \cdot 400 \cdot 2,6 \cdot 42 = 7363 \text{ Вт.}$$

Приймаємо, що теплові надходження до будівлі $Q_{\text{НАД}}$ дорівнюють нулю.

Питома теплова потужність системи опалення (віднесена до одиниці загальної площі будівлі): $q = \frac{Q_{\text{О}}^{\text{max}}}{F_{\text{П}}} = \frac{22691}{400} = 56,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$

Оскільки питома теплова потужність системи опалення має значення близьке до 50 Вт/м^2 (рекомендоване значення), то утеплення будівлі у випадку встановлення теплового насосу проводити не потрібно.

Таблиця 24

Розрахунок характеристик огорожувальних конструкцій

Огорожа	Матеріал огорожі (шару)	Товщина шару	Коефіцієнт теплопровідності	Термічний опір шару	Внутрішній коефіцієнт тепловіддачі	Внутрішній термічний опір	Зовнішній коефіцієнт тепловіддачі	Зовнішній термічний опір	Термічний опір підлоги за зонами				Термічний опір огорожі	Коефіцієнт. теплове-редачі огорожі
		δ	λ	$R_s = \frac{\delta}{\lambda}$	α _В	$R_B = \frac{1}{\alpha_B}$	α _З	$R_3 = \frac{1}{\alpha_3}$	R _{н.п.}					
									$\frac{m^2 K}{Bm}$					
		Зони				R ₀	$K_o = \frac{1}{R_o}$							
		м	$\frac{Bm}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 K}{Bm}$	$\frac{Bm}{m^2 K}$			$\frac{m^2 K}{Bm}$	$\frac{m^2 K}{Bm}$	I	II	III	IV	$\frac{m^2 K}{Bm}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Стіни	Вапняк	0,015	0,41	0,0366	8,7	0,115	23	0,043					2,957	0,338
	Цементно-піщаний розчин	0,015	0,76	0,0197										
	Пінополіуретан	0,1	0,05	2,0000										
	Глиняна цегла на цементно-піщаному розчині	0,5	0,7	0,7143										
	Штукатурка на вапняно – піщаному розчині	0,02	0,7	0,0286										
Вікна	Два однокамерних склопакета в роздільних рамах												0,74	1,35

Продовження таблиці 24

[illegible]

Таблиця 25

Розрахунок теплових втрат крізь огорожувальні конструкції

Найменування	Огорожа	Орієнтація огорожі	Умовні позначення огорожі	Розміри огорожі	Площа огорожі	Коефіцієнт теплопередачі огорожі, K_0	$(t_B - t_3)$	n	$1 + \Sigma \beta$	Тепловтрати крізь огорожі, $Q_{огр}$	Тепловтрати на інфільтрацію, $Q_{інф}$	Тепловтрати приміщення, ΣQ
				м	м ²	Вт/(м ² ·К)	°С			Вт	Вт	Вт
1	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вікна	ВК	ПН	$F_{ПН}^B$	$n_B \cdot a \cdot b \cdot n \cdot a \cdot b$	20,25	1,351	42		1,1	1264,3	$Q_{інф} = 0,337 \cdot F_{П} \cdot h_{П} \cdot (t_B - t_H) = 0,337 \cdot 400 \cdot 2,6 \cdot 42 = 7363$	
	ВК	ПД	$F_{ПД}^B$	$n_B \cdot a \cdot b \cdot n \cdot n_{ДВ} \cdot a \cdot b$	20,25	1,351	42		1	1149,3		
	ВК	З	F_3^B	$a \cdot b \cdot n$	4,5	1,351	42		1,05	268,2		
	ВК	С	F_C^B	$a \cdot b \cdot n$	4,5	1,351	42		1,1	280,9		
Двері	Дп	ПН	$F_{ПН}^{ДВ}$	$d \cdot c$	3	2,564	42		1,1	355,4		
	Дп	ПД	$F_{ПД}^{ДВ}$	$n_{ДВ} \cdot d \cdot c$	3	2,564	42		1	323,1		
Стіни	ЗС	ПН	$F_{ПН}^C$	$A \cdot n \cdot h - F_{ПН}^B - F_{ПН}^{ДВ}$	88,75	0,338	42		1,1	1386,5		
	ЗС	ПД	$F_{ПД}^C$	$A \cdot n \cdot h - F_{ПД}^B - F_{ПД}^{ДВ}$	88,75	0,338	42		1	1260,5		
	ЗС	З	F_3^C	$B \cdot n \cdot h - F_3^B$	62,7	0,338	42		1,05	935,0		
	ЗС	С	F_C^C	$B \cdot n \cdot h - F_C^B$	62,7	0,338	42		1,1	979,6		
Підлога	ПЛ1		$F_{ПЛ1}$	$[A - 2 \cdot \delta_C + B - 2 \cdot \delta_C] \cdot 2 \cdot 2$	117,6	0,395	42		1	1953,1		
	ПЛ2		$F_{ПЛ2}$	$[(A - 2 \cdot \delta_C - 4) + (B - 2 \cdot \delta_C - 8)] \cdot 2 \cdot 2$	69,6	0,214	42		1	624,8		
	ПЛ3		$F_{ПЛ3}$	$(A - 2 \cdot \delta_C - 8) \cdot (B - 2 \cdot \delta_C - 8)$	28,9	0,111	42		1	135,1		
Дах	ПТ			$(A - 2 \cdot \delta_C) \cdot (B - 2 \cdot \delta_C)$	200,1	0,525	42		1	4412,0		

Всього										15328	7363	22691
--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------	------	-------

Витрату теплоти на опалення за опалювальний період визначаємо з рівняння (61) :

$$Q_O^{PIK} = Q_O^{max} \cdot \frac{t_B - t_{CP.O.}}{t_B - t_{P.O.}} \cdot n_O \cdot Z_O \cdot 3600 \cdot 10^{-6} =$$

$$= 22691 \cdot \frac{20 - (-1,1)}{20 - (-22)} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 1,84 \cdot 10^5 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}}.$$

Для визначення середньої потреби теплоти на гаряче водопостачання використовуємо залежності (44-45) з урахуванням табл. Д 16 та Д 17.

Зимовий період:

$$Q_{Г.В.}^{3CP} = \frac{1,2 \cdot \sum (a \cdot m) \cdot (t_{Г.} - t_{X.З.})}{m_C \cdot 3600} \cdot c_B = \frac{1,2 \cdot (25 \cdot 60) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3600} \cdot 4190 =$$

$$= 4364,6 \text{ Вт},$$

де 60 - кількість людей, 25 кг/добу - норма води на одну дитину у дитячому садку з денним перебуванням дітей та їдальнями, що працюють на сировині, та пральнями, обладнаними автоматичними пральними машинами (додаток Д 17).

Літній період:

$$Q_{Г.В.}^{ЛCP} = Q_{Г.В.}^{3CP} \cdot \frac{(t_{Г.} - t_{X.Л.})}{(t_{Г.} - t_{X.З.})} \cdot \beta = 4364,6 \cdot \frac{(55 - 15)}{(55 - 5)} \cdot 0,8 = 2793,3 \text{ Вт}.$$

Витрати теплоти на ГВП з урахуванням знижувального коефіцієнту - 0,71 (Додаток табл. Д18, садок працює 5 днів на тиждень по 12 годин) в опалювальний період становитимуть:

$$Q_{Г.В.}^3 = 0,71 \cdot 1,2 \cdot \sum (a \cdot m) \cdot (t_{Г.} - t_{X.З.}) \cdot c_B \cdot n_O =$$

$$= 0,71 \cdot 1,2 \cdot (25 \cdot 60) \cdot (55 - 5) \cdot 4190 \cdot 187 = 5,0 \cdot 10^4 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}};$$

в неопалювальний період:

$$Q_{Г.В.}^Л = 0,71 \cdot 1,2 \cdot \sum (a \cdot m) \cdot (t_{Г} - t_{Х.Л.}) \cdot c_{В} \cdot \beta \cdot (350 - n_{О}) =$$

$$= 0,71 \cdot 1,2 \cdot (25 \cdot 60) \cdot (55 - 15) \cdot 4190 \cdot 0,8 \cdot (350 - 187) = 2,8 \cdot 10^4 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}};$$

Річні витрати теплоти на ГВП:

$$Q_{Г.В.}^РІК = Q_{Г.В.}^3 + Q_{Г.В.}^Л = 5 \cdot 10^4 + 2,8 \cdot 10^4 = 0,78 \cdot 10^5 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}}.$$

7.3 Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі

Графік тривалості теплового навантаження будується для різних температур зовнішнього повітря. В якості вихідних даних для побудови графіка використовуємо результати розрахунків витрат теплоти на опалення та ГВП в залежності від температури зовнішнього повітря та погодних даних (див. табл. 17).

Розрахункова потужність системи теплопостачання визначається за формулою:

$$Q_{ТП} = Q_{О} + Q_{Г.В.}^{3CP} = 22691 + 4364,6 = 27055,6 \text{ Вт} \approx 27,1 \text{ кВт}.$$

Витрата теплоти за опалювальний сезон, МДж/рік:

$$Q_{ТП}^РІК = Q_{О}^РІК + Q_{Г.В.}^3 + Q_{В}^РІК = (1,84 + 0,5 + 0) \cdot 10^5 = 2,34 \cdot 10^5 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}},$$

$Q_{В}^РІК = 0$ - витрати теплоти дорівнюють нулю, оскільки відсутня система припливно-витяжної вентиляції.

На рис.15-16 побудовані графік тривалості теплового навантаження дитячого садка та інтегральний графік.

Річна витрата теплоти:

$$Q^РІК = Q_{О}^РІК + Q_{Г.В.}^РІК + Q_{В}^РІК = (1,84 + 0,78 + 0) \cdot 10^5 = 2,62 \cdot 10^5 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}}$$

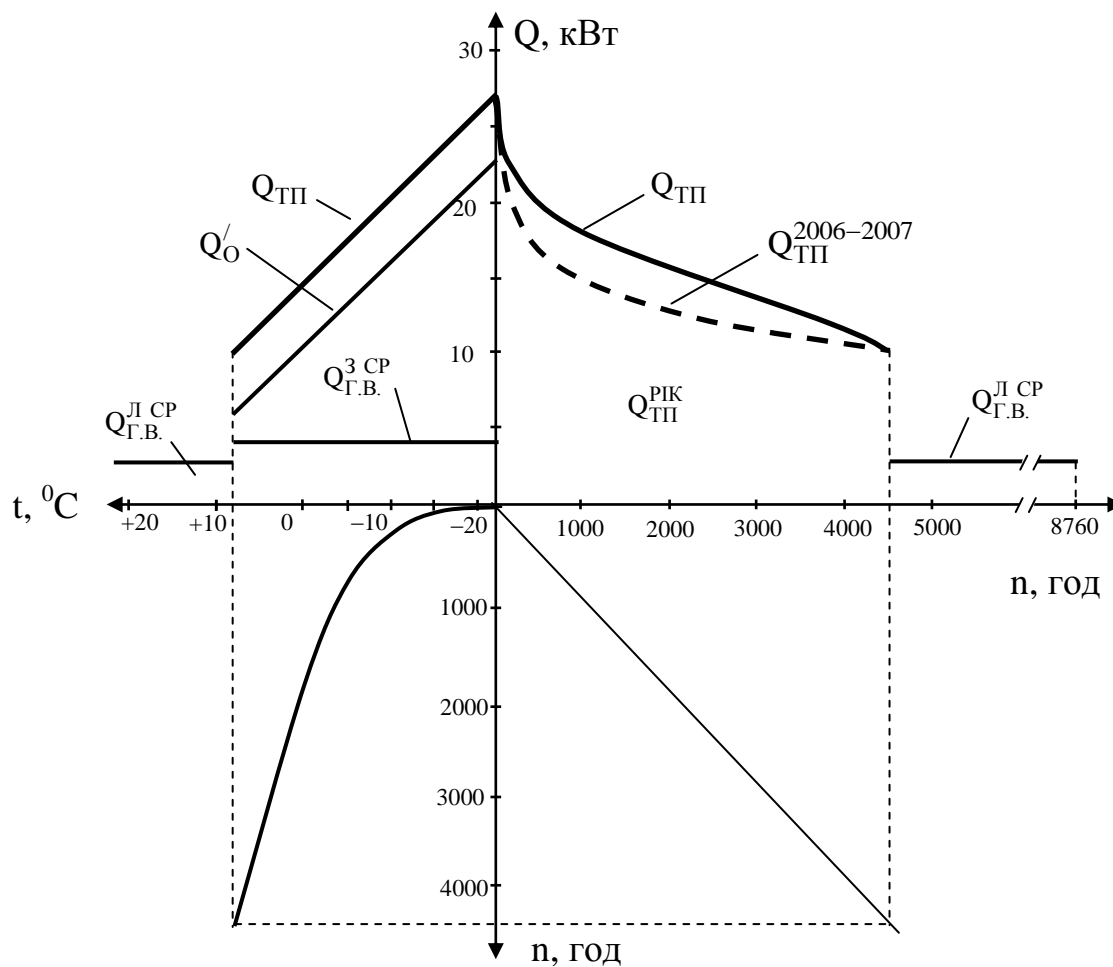


Рис. 15 Графік тривалості теплового навантаження будівлі дитячого садка.

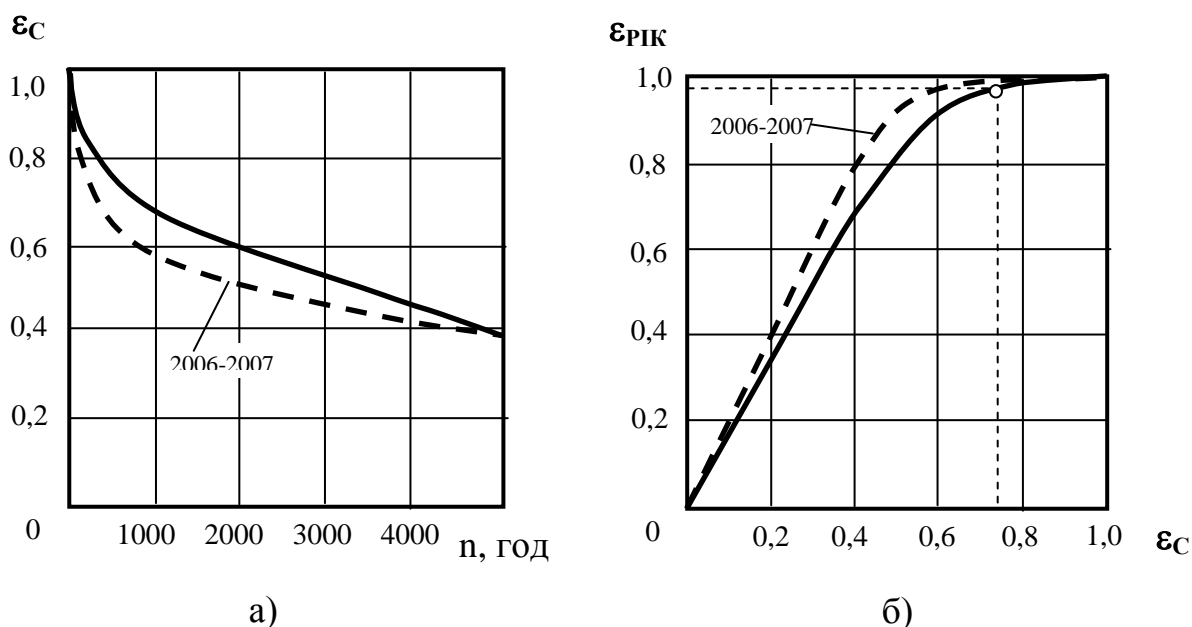


Рис. 16 Інтегральні графіки, які побудовані на базі кліматологічних таблиць та дійсних кліматологічних даних опалювального періода 2006-2007рр.

Річну витрату палива на теплопостачання знаходять за формулою:

$$B_{\text{ТП}} = 1,05 \frac{Q^{\text{РІК}}}{Q_{\text{УМ}} \cdot \eta_{\text{К.А.}}} = 1,05 \frac{2,62 \cdot 10^5}{29,33 \cdot 0,92} = 0,102 \cdot 10^5 \frac{\text{кг у.п.}}{\text{рік}} = 10,2 \frac{\text{т у.п.}}{\text{рік}},$$

де $Q_{\text{УМ}} = 29,33 \text{ МДж/кг}$ –теплота згоряння умовного палива;

$\eta_{\text{К.А.}} = 0,92$ – ККД котельного агрегата.

7.4 Розрахунок теплового навантаження будівлі за збільшеними показниками та методом градусо-діб.

1) За збільшеними показниками:

Зовнішній об'єм будівлі становить:

$$V_3 = A \cdot B \cdot n \cdot h = 20 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 2,8 = 1344 \text{ м}^3.$$

Витрата теплоти на опалення:

$$Q_{\text{О}}^{\text{ЗП}} = \alpha q_0 V_3 (t_{\text{В}} - t_{\text{Р.О.}}) = 1,134 \cdot 0,48 \cdot 1344 (20 - (-22)) = 30,73 \text{ кВт}.$$

Витрата теплоти на теплопостачання, кВт:

$$Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{О}}^{\text{ЗП}} + Q_{\text{В}} + Q_{\text{Г.В.}}^3 = 30,73 + 0 + 4,364 = 35,094 \text{ кВт}.$$

2) За методом градусо-діб:

В нашому випадку лічильник фіксує не тільки теплоту на опалення та вентиляцію, але і на гаряче водопостачання. Тому розрахункове навантаження споживача на теплопостачання будівлі розраховується за формулою, кВт:

$$Q_{\text{О,В}} = (Q_{\text{ЛЧ}} - Q_{\text{Г.В.}}^3) \frac{\Gamma \text{Д}_{\text{Р.О.}}^{\text{НОРМ}}}{\Gamma \text{Д}_{\text{ФАКТ}} n_{\text{О}} \cdot 24 \cdot 3600} =$$

$$= (2 - 0,5) \cdot 10^8 \frac{(20 - (-22)) \cdot 187}{3575 \cdot 187 \cdot 24 \cdot 3600} = 20,5 \text{ кВт}$$

де

$$\begin{aligned} \text{ГД}^{\text{ФАКТ}} &= (20 - (9,8)) \cdot 15 + (20 - (3,4)) \cdot 30 + (20 - (2,4)) \cdot 31 + \\ &+ (20 - (-7,5)) \cdot 31 + (20 - (-6,1)) \cdot 28 + (20 - (0,0)) \cdot 31 + (20 - (9,7)) \cdot 15 = \\ &= 3575 \text{ градусо-дїб/рїк} \end{aligned}$$

7.5 Вибір джерела теплопостачання

Розрахунок теплового навантаження будівлі був проведений трьома способами: методом теплових втрат крізь огорожувальні конструкції; за збільшеними показниками та градусо-дїб.

Вважається, що метод теплових втрат є найбільш точним, тому вибір децентралізованого джерела теплоти проводимо за даними цього розрахунку.

Теплове навантаження може бути забезпечено трьома варіантами:

1. Тепловий насос «**IVT Greenline D20**» ґрунт/вода [18] потужністю 20 кВт (74% від розрахункової потужності системи теплопостачання) (додаток табл. Д 19), що дає змогу забезпечити 97 % річної витрати теплоти (див. рис. 16. б), а інші 3 % річної витрати теплоти у найбільш холодні дні додатково покриває ТЕН. У більш теплий рік (2006-2007 опальвальний сезон) тепловий насос забезпечує 99 % річної витрати теплоти (рис. 16. б).

2. Котел чавунний універсальний, який працює на газовому чи дизельному паливі **ATLAS D30** (додаток табл. Д 21) потужністю 30 кВт.

3. Твердопаливний підлоговий котел для опалення та ГВП марки «**Ferrolі GF N8**» [16] потужністю 27,5 кВт, (додаток табл. Д 22), який працює на вугіллі, коксі або деревині.

Остаточний вибір джерела теплопостачання проводиться після економічних розрахунків.

8 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Визначити річні витрати теплоти заданої будівлі на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Побудувати графіки теплового навантаження та інтегральний. Підібрати обладнання для покриття теплового навантаження за рахунок децентралізованого джерела енергії.

Задана будівля певного призначення в якій знаходиться m осіб. Розміри будівлі $A \times B$ з орієнтацією за сторонами світу, побудована у місті – M , рік забудови – P . Зовнішній об'єм будівлі становить – V . Вона має – n поверхів висотою – h . Стіни багатошарові з товщиною кожного шару δ_i (див. рис. 4). На фасадній стороні будівлі встановлено $n_{дв}$ входних дверей розмірами ($d \times c$), а на тилловій - одні. Поздовжні стіни мають на першому поверсі по $(n_B - n_{дв})$ вікон розмірами ($a \times b$), а на інших поверхах n_B , а бічні стіни – по одному вікну на поверсі. Матеріали і типи дверей та вікон зазначено у таблицях Д 14-15. Підлога першого поверху розташована безпосередньо на ґрунті і виконана з заданих шарів матеріалів. Товщина міжповерхового перекриття становить 0,2 м. Горіще в будівлі відсутнє. Дах виконаний плоским, багатошаровим. Тип та характеристики матеріалів шарів, з яких виконані стіни, підлога та дах, наведено у таблицях додатку. Установа працює 12 годин на добу, 5 днів на тиждень.

Значення вихідних даних для розрахункової роботи вибирають відповідно до варіанту завдання за табл. 24. В колонці «Тип» огорожі: перше число номер таблиці у додатку, друге - порядковий номер матеріалу в таблиці. Тип огорожувальних конструкцій, який наведено в варіантах завдання обрано на базі існуючих матеріалів, але не враховуючи особливості будівельних норм.

Витрата на теплове навантаження будівлі за минулий рік за лічильником становить $Q_{лч}$.

Розрахунки проводити у наступній послідовності:

1. Визначення теплового навантаження будівлі провести трьома методами:
 - теплових втрат крізь огорожувальні конструкції. Розрахунки проводити

в таблиці (див. Розділ 7).

- за збільшеними показниками.
 - градусо-діб.
2. За результатами розрахунків побудувати графіки теплового навантаження та інтегральний.
 3. Обрати децентралізоване джерело тепlopостачання заданої будівлі.
 4. Визначити витрати палива або електричної енергії.
 5. Провести порівняльний аналіз використання централізованого та децентралізованого тепlopостачання.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Правила підготовки теплових господарств до опалювального періоду. Наказ Мінпалива та енергетики. № 620/378 від 12.10.2008р.
2. ДБН В.2.6- 31 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель
3. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов.- М.: Издательство МЭИ, 2001. — 472 с. ISBN 5-7046-0703-9.
5. Богословский В. Н., Сканава А. Н. Отопление: Учеб. для вузов. - М.: Стройиздат, 1991.—735 с. ISBN 5-274-01527-1.
6. СНиП II-3-79 Строительная теплотехника.
7. СНиП 23-01-99 Строительная климатология и геофизика.
8. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. - М., Стройиздат, 1973, - 287 с.
9. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов/В. М. Гусев, Н. И. Ковалев, В. П. Попов, В. А. Потрошков, под ред. В. М. Гусева.— Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1981.—343 с.
10. Ю.Д. Сибикин Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха —

М.: Издательский центр «Академия», 2008. –304 с. ISBN 978-5-7695-4892-5.

11. СНиП II–34–76. Горячее водоснабжение.

12. СНиП 2.04.01–85. Внутренний водопровод и канализация зданий.

13. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети.

14. Теплоснабжение: Учебник для вузов / А. А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая; Под ред. А. А. Ионина. – М.: Стройиздат, 1982. -336 с.

15. Тихомиров А. К. Теплоснабжение района города : учеб. пособие / А. К. Тихомиров. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 135 с.

16. www.geoteplo.com.ua

17. www.teploexpert.com

18. www.ivt.com.ua.

Таблиця 24

Вихідні дані для розрахункової роботи

Варіант	Місто	Назва будівлі	Рік забу- дови	Кіл. люд.	Поверхи		Z _в	Q _{лпч}	Стіни									
					Кіл.	Висота			Розмір стін		Стіна		Теп. ізол.		Внут. шар		Зовн. шар	
				m	n	h			А	В	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ
				чол.		м	год	ГДж рік	м	м		мм		см		мм		мм
1	Вінниця	Дитячий садок	1989	75	3	3	16	890	38,5	11,5	7-1	68	12-1	10	8-1	3	6-1	4
2	Ковель	Школа	1990	300	5	3,5	12	3965	75,6	15,1	7-2	50	12-2	15	8-2	4	6-2	5
3	Дніпропетровськ	ВНЗ	1991	1000	7	3,2	12	4263	88,4	17,7	7-3	51	12-3	10	8-3	5	6-3	6
4	Донецьк	Лаборат. корпус	1992	500	5	3,5	12	4769	92,6	18,5	7-4	33	12-4	15	8-4	6	6-4	3
5	Житомир	Поліклініка	1977	200	3	3	10	1515	66,7	13,3	7-5	50	12-5	10	8-5	7	6-5	4
6	Ужгород	Санаторій	1978	300	5	2,9	24	2100	64,3	12,9	7-6	50	12-6	15	8-6	3	6-6	5
7	Запоріжжя	Спорткомплекс	1979	300	2	10	16	4757	83,7	16,7	7-7	51	12-7	10	8-7	4	6-7	6
8	Івано-Франківськ	Клуб	1983	250	3	7	16	2265	77,2	15,4	7-8	52	12-8	15	8-8	5	6-8	4
9	Київ	Їдальня	1971	200	3	4	16	1122	50,0	10,0	7-9	39	12-9	10	8-9	6	6-9	5
10	Кіровоград	Пожежне депо	1972	50	3	4	24	650	50,0	10,0	7-10	40	12-10	15	8-10	7	6-10	6
11	Луганськ	Адмін. будівля	1993	250	8	3,5	10	1479	65,5	13,1	7-11	51	12-11	10	8-11	3	6-11	5
12	Львів	Кінотеатр	1994	300	2	7	16	3047	80,2	16,0	7-12	52	12-12	15	8-12	4	6-12	6
13	Миколаїв	Театр	1975	200	4	6	14	1463	69,2	13,8	7-13	39	12-13	10	8-13	5	6-13	7
14	Одеса	Лазня	1975	100	2	3	12	1558	67,7	13,5	7-14	40	12-14	15	8-1	6	6-14	4
15	Полтава	Пральня	1997	50	3	3	12	473	33,3	6,7	7-15	51	12-15	10	8-2	7	6-15	4
16	Рівно	Школа-інтернат	1998	200	5	3,5	24	12430	100,0	20,0	7-16	52	12-16	15	8-3	3	6-1	3
17	Суми	Прод. магазин	1982	150	2	3	24	4001	81,6	16,3	7-17	39	12-17	10	8-4	4	6-2	4
18	Тернопіль	Ринок	1975	100	1	6	10	1282	76,4	15,3	7-18	40	12-18	15	8-5	5	6-3	5
19	Харків	Театр	1976	100	5	2,9	10	1202	58,7	11,7	7-19	51	12-19	10	8-6	6	6-4	6
20	Херсон	Аптека	1977	20	2	2,9	10	338	41,5	8,3	7-20	52	12-20	15	8-7	7	6-5	5
21	Хмельницький	Будинок побуту	1978	80	6	3	10	3229	66,7	13,3	7-1	39	12-21	10	8-8	3	6-6	3
22	Черкаси	Універмаг	1979	400	6	4	12	1864	54,0	10,8	7-2	40	12-22	15	8-9	4	6-7	5
23	Чернігів	Школа-інтернат	1976	500	7	4	24	7681	75,6	15,1	7-3	51	12-23	10	8-10	5	6-8	4
24	Чернівці	ПТУ	1977	300	4	3	10	2024	86,6	17,3	7-4	52	12-24	15	8-11	6	6-9	5

25	Ялта	Дитячі ясла	1970	200	4	3,5	10	915	53,5	10,7	7-5	50	12-25	10	8-12	7	6-10	6
----	------	-------------	------	-----	---	-----	----	-----	------	------	-----	----	-------	----	------	---	------	---

Продовження таблиці 24

Варіант	Вікна				Двері				Підлога						Стеля									
		Кіл-сть	Розміри			Кіл-сть	Розміри		Плита		Цементна стяжка		Покриття		Плита		Гідро-ізоляція		Тепло-ізоляція		Цементна стяжка		Покриття	
	Тип	n _В	a	b	Тип	n _{ДВ}	c	d	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ	Тип	δ
			м	м			м	м		мм		мм		мм		мм		мм		мм		мм		мм
1	14-1	11	1,2	1,8	15-1	2	1,5	2,5	11-1	100	8-1	15	13-22	20	9-10	100	13-3	5	12-1	80	8-6	15	13-9	2
2	14-2	20	1,3	1,7	15-2	3	1,5	2,5	11-2	110	8-2	20	13-20	20	9-9	120	13-4	4	12-2	90	8-5	18	13-10	1,5
3	14-3	20	1,5	1,6	15-3	4	1,5	2,5	11-3	120	8-3	25	13-23	20	9-8	140	13-5	3	12-3	100	8-4	19	13-11	2
4	14-4	26	1,2	1,8	15-4	4	1,5	2,5	11-4	130	8-4	15	13-21	20	9-7	160	13-3	2	12-4	110	8-3	20	13-12	1,5
5	14-5	18	1,3	1,7	15-5	3	1,5	2,5	11-5	140	8-5	20	13-25	20	9-6	100	13-4	5	12-5	120	8-2	21	13-13	2
6	14-6	15	1,5	1,6	15-6	4	1,5	2,5	11-6	100	8-6	25	13-26	20	9-5	120	13-5	4	12-6	130	8-1	22	13-9	1,5
7	14-7	24	1,2	1,8	15-1	5	1,5	2,5	11-7	110	8-1	15	13-24	20	9-4	140	13-3	3	12-7	80	8-6	23	13-10	2
8	14-8	20	1,3	1,7	15-2	6	2	3	11-8	120	8-2	20	13-27	20	9-3	160	13-4	2	12-8	90	8-5	15	13-11	1,5
9	14-9	12	1,5	1,6	15-3	3	1,5	2,5	11-9	130	8-3	25	13-19	15	9-2	100	13-5	5	12-9	100	8-4	18	13-12	2
10	14-10	14	1,2	1,8	15-1	5	4	4	11-10	300	8-4	15	13-19	15	9-1	120	13-3	4	12-10	110	8-3	19	13-13	1,5
11	14-11	17	1,3	1,7	15-5	4	1,5	2,5	11-11	110	8-5	20	13-22	20	9-10	140	13-4	3	12-11	120	8-2	20	13-9	2
12	14-12	18	1,5	1,6	15-6	3	2	3	11-12	120	8-6	25	13-24	20	9-9	160	13-5	2	12-12	130	8-1	21	13-10	1,5
13	14-13	20	1,2	1,8	15-1	6	2	3	11-13	130	8-1	15	13-23	204	9-8	100	13-3	5	12-13	80	8-6	22	13-11	2
14	14-14	19	1,2	1,8	15-2	2	1,5	2,5	11-14	140	8-2	20	13-19	15	9-7	120	13-4	4	12-14	90	8-5	23	13-12	1,5
15	14-15	9	1,3	1,7	15-3	2	1,5	2,5	11-15	100	8-3	25	13-19	15	9-6	140	13-5	3	12-15	100	8-4	15	13-13	2
16	14-16	23	1,5	1,6	15-4	4	1,5	2,5	11-16	110	8-4	15	13-20	25	9-5	160	13-3	2	12-16	110	8-3	18	13-9	1,5
17	14-17	23	1,2	1,8	15-5	4	1,5	2,5	11-17	120	8-5	20	13-19	20	9-4	100	13-4	5	12-17	120	8-2	19	13-10	2
18	14-18	20	1,3	1,7	15-6	6	2	3	11-18	110	8-6	25	13-19	20	9-3	120	13-5	4	12-18	130	8-1	20	13-11	1,5
19	14-19	14	1,5	1,6	15-1	2	1,5	2,5	11-19	120	8-1	15	13-21	25	9-2	140	13-3	3	12-19	80	8-6	21	13-12	2
20	14-20	12	1,2	1,8	15-2	2	1,5	2,5	11-20	130	8-2	20	13-25	25	9-1	160	13-4	2	12-20	90	8-5	22	13-13	1,5
21	14-21	18	1,3	1,7	15-3	2	1,5	2,5	11-21	140	8-3	25	13-19	10	9-10	100	13-5	5	12-21	100	8-4	23	13-9	2
22	14-22	13	1,5	1,6	15-4	4	2	2,5	11-22	100	8-4	15	13-19	12	9-9	120	13-3	4	12-22	110	8-3	15	13-10	1,5
23	14-23	21	1,2	1,8	15-5	4	1,5	2,5	11-23	110	8-5	20	13-21	25	9-8	140	13-4	3	12-23	120	8-2	18	13-11	2
24	14-24	23	1,3	1,7	15-6	4	1,5	2,5	11-24	120	8-6	25	13-26	20	9-7	160	13-5	2	12-24	130	8-1	19	13-12	1,5

25	14-25	12	1,5	1,6	15-1	3	1,5	2,5	11-25	110	8-1	15	13-20	20	9-6	100	13-3	5	12-25	80	8-6	20	13-13	2
----	-------	----	-----	-----	------	---	-----	-----	-------	-----	-----	----	-------	----	-----	-----	------	---	-------	----	-----	----	-------	---

ДОДАТКИ

Таблиця Д 1

Середня розрахункова температура внутрішнього повітря t_v
для громадських будівель і споруд

	Найменування	$t_v, ^\circ\text{C}$
1	Дитячі дошкільні заклади загального типу (дитячі садочки)	20
2	Школи, ПТУ, ВУЗи, інші заклади для підготовки кадрів	17
3	Позашкільні заклади: бібліотеки, лабораторні корпуси та ін.	18
4	Поліклініки, стаціонари, диспансери, санаторії, медпункти	20
5	Будинки відпочинку, пансіонати, туристичні заклади	18
6	Спортзали	18
7	Науково-дослідні інститути	18
8	Конференц-зали, вестибюлі, клуби за СНиП II-84-78	16
9	Кінотеатри, театри	16
10	Підприємства громадського харчування	16
11	Магазини за СНиП II-77-80	
	Продовольчі магазини, ринки	12
	Непродовольчі магазини	15
12	Підприємства комунального господарства за СНиП II-80-75	
	Хімчистка	16
	кладові	15
	перукарні	18
	бані	25
	пральні	15
13	Громадські організації, за СНиП II-84-78	18
14	Вокзали, диспетчерські	18
15	Гаражі, пожежні депо за СНиП II-93-74	10
16	Готелі, мотелі, та кемпінги за СНиП II-79-78	18
17	Житлові будівлі	18
18	Адміністративні будівлі та установи	16

Таблиця Д 2

Основні кліматологічні дані деяких населених пунктів України за опалювальний період [4]

Населений пункт	Географічна широта, град Пн.ш	Тривалість опалювального періоду n _o , діб	Кількість градусо-діб в опалювальному сезоні	Період року	Температура зовнішнього повітря, °С				Розрахункова швидкість вітру, м/с
					Розрахункова		Середня		
					Параметри		опалювального періоду t _{CP.O.}	найбільш холодного місяця t _{CP.X.M.}	
					А	Б			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вінниця	48	189	3610	T X	23 -10	27,3 -21	-1,1	-6	2,8 3,6
Дніпропетровськ	48	175	3325	T X	26,5 -9	31 -23	-1	-5,4	1 5,5
Донецьк	49	183	1623	T X	25,3 -10	30,4 -23	-1,8	-6,6	1 6,2
Запоріжжя	48	174	3202	T X	27,1 -8	31,2 -22	-0,4	-4,9	3,5 5,4
Київ	52	187	3572	T X	23,7 -10	28,7 -22	-1,1	-5,9	1 4,3
Кіровоград	48	185	3515	T X	25,8 -9	29,7 -22	-1	-5,6	1 4,8
Львів	48	191	3476	T X	22,1 -9	26,4 -19	-0,2	-5	1 6,4
Луганськ	48	180	3528	T X	27,3 -10	31,8 -25	-1,6		1 5,3
Миколаїв	48	165	2904	T X	27,9 -7	31 -20	0,4	-3,5	3,2 5,4

Продовження таблиці Д 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Одеса	48	165	2805	T X	25 -6	28,6 -18	1	-2,5	3,9 8,5
Полтава	48	187	3721	T X	24,5 -11	29,4 -23	-1,9	-6,9	4,4 6,2
Сімферополь	44	158	2544	T X	26,1 -4	31,8 -16	1,9	-1	2,8 6,0
Тернопіль	48	190	3515	T X	22,1 -9	26,8 -21	-0,5	-5,4	1 5,1
Ужгород	48	162	2657	T X	24,2 -6	28,1 -18	1,6	-3,1	1 3,6
Харків	52	189	3799	T X	25,1 -11	29,4 -23	-2,1	-7,3	1 5
Херсон	48	167	2906	T X	29 -7	30,6 -19	0,6	-3,2	1 6,2
Черкаси	50	189	3591	T X	24,5 -9	29,1 -22	-1	-5,8	1 5
Чернівці	48	179	3228	T X	23,8 -9	28,4 -20	-0,2	-5	1 5,4
Чернігів	52	191	3763	T X	23,2 -10	27,8 -23	-1,7	-6,7	3,5 4,2
Ялта	44		1613	T X	26,3 1	30,5 -6			2,4 4,4

Примітка: 1. Т, Х - теплий та холодний періоди року. 2. Для інших населених пунктів розрахункові параметри зовнішнього повітря приймають відповідно до міста, яке розташоване поряд та вказане у таблиці. 3. Кількість градусо-днів опалювального періоду вказано для помешкань з температурою + 18 °С. Для помешкань з іншою температурою треба застосовувати коефіцієнт $k = (t_B - t_{CP,O}) / (18 - t_{CP,O})$

Таблиця Д 3

Середньомісячна та річна температура зовнішнього повітря нормативного року, °С

Місто	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вінниця	-5,8	-4,3	0,2	8	14,1	17,1	18,3	17,7	13,4	7,6	1,9	-2,5	7,1
Ковель	-4,7	-3,4	1	7,9	13,7	16,8	18	17,2	13	7,8	2,6	-1,8	7,3
Дніпропетровськ	-5,5	-4,1	0,8	9,4	16	19,6	21,3	20,6	15,4	8,4	2,5	-2,1	8,5
Донецьк	-6,1	-4,8	0,4	9,3	15,5	19	20,9	20,1	14,9	7,8	2	-2,6	8
Житомир	-6	-4,6	-0,1	7,7	13,9	17	18	17,4	13	7,4	1,8	-2,7	6,9
Ужгород	-2,8	-0,2	4,7	10,7	15,6	18,5	19,9	19,4	15,5	10	4,9	-0,4	9,7
Запоріжжя	-4,2	-2,9	1,7	9,9	16,4	20,2	22	21,2	16,2	9,5	3,8	-0,8	9,4
Івано-Франківськ	-5,1	-3,2	1,4	8,1	13,5	16,6	17,9	17,3	13,5	8	2,6	-2,1	7,4
Київ	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,1	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7
Кіровоград	-5,7	-4,4	0,5	8,9	15,3	18,6	20	19,4	14,7	8,1	2,3	-2,3	8
Луганськ	-5,9	-4,8	0,8	10	16,3	19,9	21,7	20,6	15	7,9	2,4	-2,2	8,5
Львів	-4,6	-3,1	1,1	7,7	13,2	16,1	17,3	16,8	13	8	2,5	-2,1	7,2
Миколаїв	-3,1	-1,8	2,6	10,2	16,5	20,4	22,3	21,8	16,9	10,3	4,4	-0,1	10

Продовження таблиці Д 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Одеса	-1,7	-1	2,6	9	15,5	19,4	21,4	21,2	17,1	11,1	5,9	1,4	10,2
Полтава	-6,6	-5,3	-0,1	8,8	15,4	18,7	20,1	19,4	14,3	7,6	1,5	-3,1	7,6
Рівне	-5,4	-4	0,3	7,7	13,7	16,6	17,8	17,2	13,1	7,7	2,2	-2,4	7
Суми	-7,7	-6,4	-1,1	7,9	14,9	18	19,2	18,2	13	6,6	0,6	-4,1	6,6
Тернопіль	-5,8	-4,2	0	7,4	13,3	16,2	17,4	16,8	12,9	7,4	1,8	-2,9	6,7
Харків	-7	-5,7	-0,3	8,9	15,6	19	20,4	19,5	14,1	7,3	1,3	-3,3	7,5
Херсон	-3	-1,8	2,3	10	16	19,9	21,9	21,3	16,4	9,8	4,5	0,1	9,8
Хмельницький	-5,5	-4	0,3	7,8	13,9	16,8	18	17,4	13,2	7,6	2	-2,6	7,1
Черкаси	-5,7	-4,2	0,4	8,5	14,6	17,6	19	18,2	13,6	7,6	2,1	-2,4	7,4
Чернівці	-7,1	-5,6	-0,6	7,8	14,5	17,6	18,7	17,7	12,8	6,8	1,2	-3,3	6,7
Чернігів	-4,9	-2,9	1,7	8,7	14,3	17,4	18,7	18	14,3	8,6	2,9	-1,9	7,9
Ялта	3,9	4,2	6	10,8	15,6	20,2	23,2	23	19	13,6	9,5	6,3	12,9

Таблиця Д 4

Фактична середньомісячна та річна температура зовнішнього повітря 2006-2007 роки, °С

Місто	Місяці												Рік
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вінниця	9,5	3,8	-0,7	-4,0	-2,5	2,1	9,9	16,0	19,0	20,2	19,6	15,3	9,0
Ковель	9,4	4,2	-0,3	-3,2	-1,9	2,6	9,5	15,3	18,4	19,6	18,8	14,6	8,9
Дніпропетровськ	10,3	4,4	-0,3	-3,7	-2,3	2,7	11,3	17,9	21,5	23,2	22,5	17,3	10,4
Донецьк	9,4	3,6	-1,1	-4,6	-3,3	2,0	10,9	17,1	20,6	22,5	21,7	16,5	9,6
Житомир	9,3	3,7	-0,8	-4,1	-2,7	1,8	9,6	15,8	18,9	19,9	19,3	14,9	8,8
Ужгород	12,1	7,0	1,7	-0,8	1,9	6,8	12,8	17,7	20,6	22,0	21,5	17,6	11,7
Запоріжжя	10,9	5,2	0,6	-2,9	-1,6	3,1	11,3	17,8	21,6	23,4	22,6	17,6	10,8
Івано-Франківськ	9,9	4,5	-0,3	-3,3	-1,4	3,3	10,0	15,4	18,5	19,8	19,2	15,4	9,3
Київ	9,8	3,4	2,4	-7,5	-6,1	0,0	9,7	14,4	18,4	20,9	19,9	15,4	8,4
Кіровоград	9,1	3,3	-1,4	-4,8	-3,5	1,5	9,9	16,3	19,6	21,0	20,4	15,7	8,9
Луганськ	9,8	4,3	-0,4	-4,1	-3,0	2,7	11,9	18,2	21,8	23,6	22,5	16,9	10,4
Львів	9,9	4,4	-0,3	-2,8	-1,3	3,0	9,6	15,1	18,0	19,2	18,7	14,9	9,0
Миколаїв	12,2	6,3	1,8	-1,3	0,1	4,5	12,1	18,4	22,3	24,2	23,7	18,8	11,9

Продовження таблиці Д
4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Одеса	12,7	7,5	3,0	-0,2	0,6	4,2	10,6	17,1	21,0	23,0	22,8	18,7	11,8
Полтава	9,5	3,4	-1,2	-4,7	-3,4	1,8	10,7	17,3	20,6	22,0	21,3	16,2	9,5
Рівне	9,8	4,3	-0,4	-3,4	-2,0	2,4	9,8	15,8	18,7	19,9	19,3	15,2	9,1
Суми	8,0	2,0	-2,8	-6,4	-5,1	0,3	9,3	16,3	19,4	20,6	19,6	14,4	8,0
Тернопіль	9,3	3,7	-1,1	-4,0	-2,4	1,9	9,3	15,2	18,1	19,3	18,7	14,8	8,6
Харків	9,2	3,2	-1,5	-5,2	-3,9	1,6	10,8	17,5	20,9	22,3	21,4	16,0	9,4
Херсон	11,7	6,4	2,0	-1,2	0,1	4,2	11,9	17,9	21,8	23,8	23,2	18,3	11,7
Хмельницьк	9,5	3,9	-0,8	-3,7	-2,2	2,2	9,7	15,8	18,7	19,9	19,3	15,1	9,0
Черкаси	9,2	3,7	-0,9	-4,2	-2,7	2,0	10,1	16,2	19,2	20,6	19,8	15,2	9,0
Чернівці	8,7	3,1	-1,4	-5,2	-3,7	1,3	9,7	16,4	19,5	20,6	19,6	14,7	8,6
Чернігів	10,7	5,0	0,2	-2,9	-0,9	3,8	10,8	16,4	19,5	20,8	20,1	16,4	10,0
Ялта	15,0	10,9	7,7	5,3	5,6	7,4	12,2	17,0	21,6	24,6	24,4	20,4	14,3

Таблиця Д 5

Питомі опалювальні та вентиляційні характеристики громадських будівель і споруд ($t_{p0} = -30^{\circ}\text{C}$)

	Будівлі	Зовніш- ній об'єм будівель	Q _o		Q _v	
			Споруджених			
			до 1980р.	1981- 2001рр.	до 1980р.	1981- 2001рр.
		тис.м ³	Вт/ (м ³ К)			
1	2	3	4	5	6	7
1	Дитячі садки та ясла	До 5	0,44	0,48	0,13	0,27
		>5	0,39	0,44	0,12	0,26
2	Школи	До 5	0,45	0,45	0,10	0,63
		5-10	0,41	0,41	0,09	0,63
		>10	0,38	0,38	0,08	0,60
3	Навчальні заклади (вищі, середні, ПТУ)	До 10	0,41	0,43	0,12	0,59
		10-15	0,38	0,39	0,12	0,59
		15-20	0,35	0,36	0,09	0,62
		>20	0,28	0,31	0,09	0,62
4	Лабораторні корпуси	До 5	0,43	0,43	1,16	1,16
		5-10	0,41	0,41	1,10	1,10
		>10	0,38	0,38	1,04	1,04
5	Поліклініки, лікарні	До 5	0,46	0,46	0,34	0,65
		5-10	0,42	0,42	0,33	0,63
		10-15	0,37	0,37	0,30	0,59
		>15	0,35	0,35	0,29	0,56
6	Санаторії - профілакторії	До 5	0,56	0,56	0,72	0,72
		5-10	0,44	0,44	0,69	0,69
		>10	0,39	0,39	0,65	0,65
7	Спортивні комплекси і басейни	До5	0,49	0,49	0,59	0,59
		5-10	0,38	0,38	0,59	0,59
		10-15	0,35	0,35	0,52	0,52
		>15	0,29	0,29	0,28	0,28
8	Клуби	До5	0,43	0,45	0,29	0,51
		5-10	0,38	0,39	0,27	0,74
		>10	0,35	0,36	0,23	0,74
9	Підприємства громадського харчування	До5	0,41	0,43	0,81	1,84
		5-10	0,38	0,41	0,76	1,43
		>10	0,35	0,35	0,76	1,43

Продовження таблиці Д 5

1	2	3	4	5	6	7
10	Пожежні депо	До 2	0,54	0,54	0,10	0,10
		2-5	0,52	0,52	0,10	0,10
		>5	0,50	0,15	0,10	0,61
11	Адміністративні будівлі	До 5	0,44	0,12	0,09	0,74
		5-10	0,41	0,11	0,08	0,85
		10-15	0,37	0,10	0,19	0,85
		>15	0,42	0,49	0,50	1,16
12	Кінотеатри	До 5	0,37	0,43	0,45	1,10
		5-10	0,35	0,37	0,44	1,02
		>10	0,34	0,34	0,48	0,48
13	Театри	До 10	0,31	0,31	0,46	0,46
		10-15	0,26	0,26	0,44	0,44
		15-20	0,23	0,23	0,42	0,42
		>20	0,33	0,33	1,16	1,16
14	Бані	До 5	0,29	0,29	1,10	1,10
		5-10	0,27	0,27	1,04	1,04
		>10	0,44	0,44	0,93	0,93
15	Пральні	До 5	0,38	0,38	0,91	0,91
		5-10	0,36	0,36	0,87	0,87
		>10	0,49	0,49	1,13	1,13
16	Школи-інтернати	До 5	0,44	0,44	1,13	1,13
		5-10	0,41	0,41	1,13	1,13
		10-15	0,41	0,41	0,70	0,70
		>15	0,44	0,46	0,09	0,84
17	Продовольчі магазини	До 5	0,38	0,38	0,09	0,84
		5-10	0,36	0,36	0,31	0,86
		>10	0,92	0,92	1,02	1,02
18	Ринки	До 5	0,35	0,35	1,02	1,02
		5-10	0,35	0,35	1,15	1,15
		>10	0,42	0,42	0,53	0,53
19	Підприємства культурно-побутового призначення	До 5	0,38	0,38	0,64	0,64
		5-10	0,33	0,33	0,73	0,73
		>10	0,54	0,54	0,59	0,59
20	Аптеки	До 5	0,38	0,38	0,85	0,85
		>5	0,54	0,54	0,10	0,10

Продовження таблиці Д 5

1	2	3	4	5	6	7
21	Будинки по- бу	До 5	0,49	0,49	0,41	0,41
		5-10	0,41	0,41	0,70	0,70
		>10	0,38	0,38	0,70	0,70
22	Універмаги	До 5	0,44	0,46	0,09	0,84
		5-10	0,38	0,38	0,09	0,84
		>10	0,36	0,36	0,31	0,86
23	Школи- інтернати	До 5	0,49	0,49	1,13	1,13
		5-10	0,44	0,44	1,13	1,13
		10-15	0,41	0,41	1,13	1,13
		>15	0,41	0,41	0,70	0,70

Таблиця Д 6

Теплопровідність матеріалів для зовнішнього оздоблення стін

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Граніт	2800	3,49
2		2720	2,2
3	Мармур	2800	2,91
4		2700	2
5	Гнейс	2800	3,49
6	Вапняк	2000	1,28
7		1800	1,05
8		1600	0,81
9		1400	0,56
10		1200	0,41
11	Туф	2000	1,05
12		1800	0,81
13		1600	0,64
14		1400	0,52
15		1200	0,41
16		1000	0,29
17	Базальт	2800	3,49

Таблиця Д 7

Теплопровідність матеріалів зовнішньої стінки

	Матеріал цегли та розчину	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Глиняна на цементно-піщаному розчині	1800	0,81
2	Глиняна на цементно-шлаковому розчині	1700	0,76
3	Глиняна на цементно-перлитовому розчині	1600	0,7
4	Силікатна на цементно- піщаному розчині	1800	0,87
5	Шлакова на цементно- піщаному розчині	1500	0,7
6	Керамічна пустотна густиною 1400 кг/куб.м на цементно- піщаному розчині	1600	0,64
7	Керамічна пустотна густиною 1300 кг/куб.м на цементно- піщаному розчині	1400	0,58
8	Керамічна пустотна густиною 1000 кг/куб.м на цементно- піщаному розчині	1200	0,52
9	Силікатна одинадцятипустотна на цементно-піщаному розчині	1500	0,7
10	Силікатна чотирнадцяти пустотна на цементно-піщаному розчині	1400	0,64
11	Кладка суцільна із звичайної глиняної цеглини на важкому розчині	1800	0,7
12	Кладка суцільна з силікатної цеглини на важкому розчині	1900	0,76
13	Кладка суцільна з ефективної (дирчастої) цеглини (60 отворів) на важкому розчині	1300	0,58
14	Кладка суцільна з черепашника на важкому розчині з внутрішньою штукатуркою	1400	0,58
15	Кладка суцільна з бутового каменя з внутрішньою штукатуркою	2420	2,39
16	Великорозмірна тришарова залізобетонна панель (l=6м, b=0,8-1,8 м)	2400	1,22
17	Великорозмірна одношарова панель (l=6м, b=0,8-2 м) керамзитобетон	900	0,29
18	Великорозмірна панель з комірчастого бетону	700	0,22
19	Кладка суцільна з пінобетону	360	0,095
20	Кладка суцільна з шлакобетону	1500	0,67

Таблиця Д 8

Теплопровідність розчинів та матеріалів для внутрішнього оздоблення стін

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Цементно-піщаний	1600	0,81
2	Складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,87
3	Цементно-шлаковий	1400	0,64
4		1200	0,587
5	Цементно-перлітовий	1000	0,3
6		800	0,26
7	Вапняно - піщаний	1800	0,93
8	Гіпсоперлітовий	600	0,19
9	Штукатурка алебастроасбестова	900	0,23
10	Штукатурка асбозуритова	900	0,23
11	Штукатурка асбоцементна	1700	0,39
12	Штукатурка глиноземна	1100	0,23
13	Порізований гіпсоперлітовий	500	0,15
14		400	0,13
15	Плити з гіпсу	1200	0,47
16		1000	0,35
17	Листи гіпсові обшивальні (суха штукатурка)	800	0,21

Таблиця Д 9

Теплопровідність матеріалів плит перекриття

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Залізобетон	2500	2,04
2	Бетон на гравії або щебені з природного ка- меня	2400	1,86
3	Керамзитобетон на керамзитовому піску	1800	0,92
4		1600	0,79
5	Керамзитобетон на перлітовому піску	1000	0,41
6		800	0,35
7	Бетон на шлаку	1600	0,7
8		1400	0,58
9	Керамзитобетон на кварцовому піску	1200	0,58
10		1000	0,47

Таблиця Д 10

Теплопровідність засипних матеріалів

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	2	3	4
1	Гравій керамзитовий	800	0,23
2		600	0,2
3		400	0,14
4		300	0,13
5		200	0,12
6	Гравій шунгізитовий	800	0,2
7		600	0,16
8		400	0,13
9	Щебінь з доменного шлаку та шлакової пем- зи	800	0,21
10		600	0,18
11		400	0,14
12	Щебінь і пісок з перлиту спученого	600	0,111
13		400	0,087
14		200	0,076
15	Вермікуліт спучений	200	0,09
16		100	0,076
17	Піноскло або газоскло	400	0,12
18		300	0,11
19		200	0,08

Таблиця Д 11

Теплопровідність матеріалів плити підлоги

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Туфобетон	1800	0,87
2		1600	0,7
3	Пемзобетон	1600	0,62
4		1400	0,49
5	Бетон на шлаку	1600	0,64
6		1400	0,52
7	Керамзитобетон на керамзитовому піску та керамзитопінобетон	1800	0,8
8		1600	0,67
9	Керамзитобетон на кварцовому піску з пори- зацією	1200	0,52
10		1000	0,41
11	Керамзитобетон на перлітовому піску	1000	0,35
12		800	0,29
13	Шунгізитобетон	1400	0,56
14		1200	0,44
15	Перлітобетон	1200	0,44
16		1000	0,33
17	Шлакопемзобетон (термозитобетон)	1600	0,63
18		1400	0,52
19	Шлакопемзопено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,63
20		1400	0,52
21	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1600	0,7
22		1600	0,58
23	Бетони на паливних (котельних) шлаках	1800	0,85
24		1600	0,72
25	Бетон на зольному гравії	1400	0,52
26		1200	0,41
27	Вермікулітобетон	800	0,26
28		600	0,17
29	Газо- і пінобетон, газо- і піносилікат	1000	0,41
30	Газо- і пінозолобетон	1200	0,52

Таблиця Д 12

Теплопровідність теплоізоляційних матеріалів

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Мати мінераловатні прошивні і на синтетично- му зв'язуючому	125	0,064
2		75	0,06
3		50	0,052
4	Плити м'які, напівжорсткі і жорсткі мінералова- тні на синтетичному і бітумному зв'язуючих	350	0,09
5		300	0,087
6		200	0,076
7		100	0,06
8		50	0,052
9	Плити мінераловатні підвищеної жорсткості на органосфосфатному зв'язуючому	200	0,07
10	Плити напівжорсткі мінераловатні на крохма- льному зв'язуючому	200	0,076
11		125	0,06
12	Плити з скляного штапельного волокна на син- тетичному зв'язуючому	50	0,06
13	Мати і смуги з скляного волокна прошивні	150	0,064
14	Пінополістірол	150	0,052
15		100	0,041
16		40	0,041
17	Пінопласт ПХВ-1и ПВ-1	125	0,06
18		100	0,05
19		80	0,05
20	Пінополіуретан	80	0,05
21		60	0,041
22		40	0,04
23	Плити з резольнофенолформальдегідного піно- пласту	100	0,052
24		75	0,05
25		50	0,05
26		40	0,041
27	Перлітопластбетон	200	0,052
28		100	0,041
29	Перлітофосфогелеві вироби	300	0,08
30		200	0,07

Таблиця Д 13

Теплопровідність матеріалів покрівельних, гідроізоляційних, облицювальних і рулонного покриття для підлоги та стелі

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	Тепло- провідність, λ , Вт/(м К)
1	Листи асбестоцементні пласкі	1800	0,52
2		1600	0,41
3	Бітуми нафтові будівельні	1400	0,27
4		1200	0,22
5		1000	0,17
6	Асфальтобетон	2100	1,05
7	Вироби із спученого перліту на бітумному зв'язуючому	400	0,12
8		300	0,09
9	Руберойд	600	0,17
10	Пергамін	600	0,17
11	Толь	600	0,18
12	Толь паперовий	500	0,23
13	Толь повстяний	500	0,17
14	Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий	1800	0,38
15		1600	0,33
16	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній підоснові	1800	0,35
17		1600	0,29
18		1400	0,23
19	Плитка керамічна	2000	1,1
20	Сосна і ялина вздовж волокон	500	0,35
21	Сосна і ялина поперек волокон	500	0,18
22	Дуб поперек волокон	700	0,23
23	Дуб вздовж волокон	700	0,41
24	Фанера клесна	600	0,18
25	Плити деревно-волокнисті і деревно - стружечні	1000	0,23
26		800	0,19
27		600	0,13

Таблиця Д 14

Термічні опори $R_{\text{ВІК}}$ заповнень світлових отворів
(вікон, балконних дверей і ліхтарів)

	Заповнення світлового отвору	$R_{\text{ВІК}}$ ($\text{м}^2 \text{ К}$)/Вт
1	2	3
1	Одинарне скління в дерев'яних рамах	0,17
2	Одинарне скління в металевих рамах	0,15
3	Подвійне скління в дерев'яних спарених рамах	0,40
4	Подвійне скління в металевих спарених рамах	0,31
5	Подвійне скління в дерев'яних роздільних рамах	0,44
6	Подвійне скління в металевих роздільних рамах	0,34
7	Подвійне скління вітрин в металевих роздільних рамах	0,31
8	Потрійне скління в роздільно-спарених дерев'яних рамах	0,55
9	Потрійне скління в роздільно-спарених металевих рамах	0,46
	Однокамерний склопакет	
10	Із звичайного скла в дерев'яних рамах	0,38
11	Із звичайного скла в металевих рамах	0,34
12	Із скла з твердим селективним покриттям в дерев'яних рамах	0,51
13	Із скла з твердим селективним покриттям в металевих рамах	0,43
14	Із скла з м'яким селективним покриттям в дерев'яних рамах	0,56
15	Із скла з м'яким селективним покриттям в металевих рамах	0,47
	Двокамерний склопакет	
16	Із скла з м'яким селективним покриттям в дерев'яних рамах	0,68
17	Із скла з м'яким селективним покриттям в металевих рамах	0,52
18	Із звичайного скла (з міжскляною відстанню 6 мм) в дерев'яних рамах	0,51
19	Із звичайного скла (з міжскляною відстанню 6 мм) в металевих рамах	0,43
20	Із звичайного скла (з міжскляною відстанню 12 мм) в дерев'яних рамах	0,54
21	Із звичайного скла (з міжскляною відстанню 12 мм) в металевих рамах	0,45
22	Із скла з твердим селективним покриттям в дерев'яних рамах	0,58
23	Із скла з твердим селективним покриттям в металевих рамах	0,48

Продовження таблиці Д 14

1	2	3
24	Два однокамерних склопакета в спарених рамах	0,70
25	Два однокамерних склопакета в роздільних рамах	0,74
26	Чотиришарове скління в двох спарених рамах	0,80
27	Звичайне скло і однокамерний склопакет із звичайного скла в роздільних рамах	0,56
28	Звичайне скло і двокамерний склопакет із звичайного скла в роздільних рамах	0,68
29	Звичайне скло і однокамерний склопакет із скла з твердим селективним покриттям в роздільних рамах	0,65
30	Звичайне скло і двокамерний склопакет із скла з твердим селективним покриттям в роздільних рамах	0,74

Таблиця Д 15

Термічні опори дверей $R_{\text{дв}}$

	Матеріал	Густина, ρ , кг/м ³	$R_{\text{дв}}$, (м ² К)/Вт
1	Двері соснові	500	0,24
2	Двері з дуба упоперек волокон	700	0,39
3	Двері з дерева і деревинно-волокнистої плити	1000	0,30
4		800	0,37
5		600	0,54
6	Двері з ялини		0,24

Таблиця Д 16

**Норми витрати гарячої води споживачами та
вірогідність дії водорозбірних приладів**

Споживачі гарячої води	Одиниця	Норми витрати води, кг				Вірогідність дії водорозбі- рних приладів
		середня за добу	в добу найбільшого во- доспоживання	в годину найбільшого водоспоживання	секундна витрата води	
1	2	3	4	5	6	7
Житлові будинки квар- тирного типу, обладнані: а) умивальниками, мийками, душами б) сидячими ваннами і душами в) ваннами завдовжки 1500 – 1700 мм і душами	1 меш- канець	85	100	7,9	0,2	0,0147
		90	110	9,2	0,2	0,017
		105	120	10	0,2	0,0185
Житлові будинки квар- тирного типу при висоті будівлі більш як 12 по- верхів і підвищених ви- могах до благоустрою	1 меш- канець	115	130	10,9	0,2	0,02
Готелі, мотелі, пансіона- ти із загальними ваннами та душами	1 меш- канець	70	70	8,2	–	–
Готелі з душами в усіх окремих номерах	1 меш- канець	140	140	12	–	–
Будівлі та приміщення установ керування підп- приємством (умивальники в санітарних вузлах)	1 пра- цівник	5	7	2	0,07	0,18
Водорозбірні точки і то- чки технологічного об- ладнання або мийки їда- лень, кафе, магазинів	1 во- дороз- бірна точка	–	–	280	0,2	0,39

Продовження таблиці Д 16

1	2	3	4	5	6	7
Цехи з надлишками яв-ної теплоти більш як 23,2 Вт на 1 м ² примі-щення	1 пра-цівник у зміну	24	24	8,4	—	—
Решта цехів		11	11	4,4	—	—

Таблиця Д 17

Норми споживання гарячої води, л/добу

Споживачі	Одиниця виміру	Норма
1	2	3
Адміністративні будівлі	1 працюючий	5
Клуби	1 місце	2,6
Дитячі ясла-садки: З денним перебуванням дітей:	1 дитина	
1) з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах;		11,5
2) з їдальнями, що працюють на сировині, та пральнями, обладнаними автоматичними пральни-ми машинами.		25
З цілодобовим перебуванням дітей:		
1) з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах;	1 викладач і один учень у зміну	21,4
2) з їдальнями, що працюють на сировині, та пральнями, обладнаними автоматичними пральни-ми машинами.		28,5
Школи-інтернати з приміщеннями - учбовими (з душовими при гімнастичних залах);	1 викладач і один учень у зміну	2,7
- спальними		30
Загальноосвітні школи - з душовими при гімнастичних залах та їдальнями, що працюють на напівфабрикатах;		3
- те ж саме з подовженим днем		3,4
Професійно-технічні училища з душовими при гім-настичних залах та їдальнями, що працюють на на-півфабрикатах		8
Лабораторії вищих та середніх спеціальних навча-льних закладів	1 приклад у зміну	112
Навчальні заклади (у тому числі вищі та спеціаль-ні) з душовими при гімнастичних залах і буфетами, що реалізують готову продукцію	1 учень 1 ви-кладач	6

Продовження таблиці Д 17

1	2	3
Поліклініки та амбулаторії	1 хворий за зміну	5,2
Лікарні	1 ліжко	75
1) з загальними ваннами та душовими;		90
2) з санітарними вузлами в палатах;		110
3) інфекційні.		120
Санаторії та будинки відпочинку:		75
1) з ваннами при всіх житлових кімнатах;	1 умовна страва	12,7
2) з душами при всіх кімнатах.		11,2
Підприємства громадського харчування для приготування їжі:	1 т	3100
- що подається в обідньому залі;		700
- що продається додому;		800
- для приготування напівфабрикатів:		1200
- м'ясних		
- рибних		
- овочевих		
- кулінарних		

Таблиця Д 18

Поправочні коефіцієнти до норм витрати теплоти на гаряче водопостачання при режимах роботи системи теплопостачання, відмінних від безперервних

Тривалість роботи системи теплопостачання протягом тижня, діб	Тривалість роботи системи за добу, год		
	6-10	11-15	16-24
1	2	3	4
Житлові будинки квартирного типу.			
З сидячими ваннами і душем			
2	0,66	0,69	0,71
3	0,69	0,74	0,77
4	0,72	0,79	0,83
5	0,75	0,84	0,89
6	0,77	0,88	0,94
7	0,8	0,93	1,0
При висоті будинків понад 12 поверхів			
2	0,76	0,78	0,79
3	0,78	0,82	0,84
4	0,8	0,86	0,89

Продовження таблиці Д 18

1	2	3	4
5	0,82	0,9	0,95
6	0,84	0,95	1,0
7	0,87	0,99	1,0
Гуртожитки з загальними душовими			
2	0,62	0,66	0,69
3	0,65	0,71	0,75
4	0,68	0,76	0,81
5	0,71	0,81	0,87
6	0,74	0,86	0,94
7	0,78	0,92	1,0
Готелі, мотелі, пансіонати			
З ваннами і душем у всіх номерах			
2	0,22	0,23	0,23
3	0,38	0,38	0,39
4	0,53	0,53	0,54
5	0,68	0,69	0,69
6	0,84	0,84	0,85
7	0,99	1,0	1,0
Санаторії, будинки відпочинку, лікарні			
З загальними ваннами й душем			
2	0,69	0,72	0,73
3	0,72	0,76	0,79
4	0,75	0,81	0,84
5	0,77	0,85	0,89
6	0,81	0,90	0,95
7	0,84	0,94	1,00
Школи - інтернати			
2	0,55	0,60	0,62
3	0,60	0,67	0,70
4	0,65	0,73	0,77
5	0,69	0,79	0,85
6	0,74	0,86	0,93
7	0,79	0,92	1,0
Дитячі ясла-садки			
2	0,37	0,44	0,45
3	0,44	0,53	0,56
4	0,51	0,62	0,67
5	0,59	0,71	0,78
6	0,65	0,8	0,9
7	0,72	0,9	1,0

Технічні характеристики теплових насосів

Тип «**REGULUS**» повітря/вода [17].

Модель		ТС 08	ТС 13	ТС 16	ТС 18	ТС 23	ТС 33	ТС 37	ТС 47
Опалювальна потужність	кВт	7,5	13,2	15,7	17,4	23	32,2	36,9	46,8
Споживана потужність	кВт	2,2	4	4,5	4,9	6,6	9,8	11,2	14,2
COP		3,3	3,3	3,3	3,5	3,5	3,3	3,3	3,3
Напруга	В	230	3х400В/50Гц						
Теплообмін- ник		Пластинчастий, нержавіюча сталь							

Потужність наведена в розрахунку на температуру повітря 10 °С та води 35/40 °С.

Тип «**IVT Greenline HT Plus**» рідина (грунт)/вода [18].

Модель		HT Plus C/E 6	HT Plus C/E 9	HT Plus C/E 11	HT Plus E 14	HT Plus E 17
Температура гарячої води 35 °С						
Опалювальна потужність	кВт	5,9	9,1	10,7	14,4	16,7
Споживана потужність	кВт	1,3	2	2,2	3,1	3,7
Температура гарячої води 55 °С						
Опалювальна потужність	кВт	5,4	8,4	10,1	13,9	16,2
Споживана потужність	кВт	1,7	2,6	3	4,2	4,9
Напруга		3х400В/50Гц				

Тип «**IVT Greenline D**» рідина (грунт)/вода.

Модель		D20	D25	D33	D40	D55	D70
Температура гарячої води 35 °С							
Опалювальна потужність	кВт	21	25,5	32,9	41,5	54,8	67,8
Споживана потужність	кВт	5,1	6,3	7,9	14,3	13,5	16,7
Температура гарячої води 55 °С							
Опалювальна потужність	кВт	20	24,8	33,3	40,9	55,6	69,8
Споживана потужність	кВт	7,1	8,7	10,7	14,3	17,7	22,3
Напруга		3х400В/50Гц					

Таблиця Д 20

Промислові теплові насоси. Моновалентна система опалення з водою в якості джерела теплоти. Максимальна робоча температура 55°C.

Тип	OWWP 141 -2	OWWP 201-2	OWWP 251-1	OWWP 321-1	OWWP 421-1
Потужність, кВт	122,0	182,0	203,0	256,0	336,0
Споживана потужність, кВт (Вд10/Вд50)	36,4	54,0	54,7	76,98	99,8
Споживаний струм, А	100	140	110	147	191
Кількість компресорів	2	2	1	1	1
Конструкція	Мембранний компресор		Гвинтовий компресор		

Таблиця Д 21

Котли чавунні універсальні, які працюють на газовому чи дизельному паливі.

Марка	ATLAS D30	ATLAS D42	ATLAS D55	ATLAS D70	ATLAS D87
Потужність, кВт	30	42	55	70	87

Марка	GN 02	GN1 08	GN2 07	GN2 08	GN2 10	GN2 14	GN4 09	GN4 10	GN4 13	GN4 14
Потужність, кВт	23,3	93	126	162	198	252	300	360	560	650

Таблиця Д 22

Котли **FERROLI** твердопаливні підлогові, які можуть працювати на вугіллі, коксі чи деревині.

Марка	GF N4	GF N5	GF N6	GF N7	GF N8
Потужність, кВт	12,3	16,1	19,9	23,7	27,5

PREXTHERM

Марка	RSW 92	RSW 107	RSW 152	RSW 190	RSW 240	RSW 300	RSW 350	RSW 399
Потужність, кВт	60	70	100	137	160	196	228	260

Марка	RSW 469	RSW 525	RSW 600	RSW 720	RSW 820	RSW 940	RSW 1250	RSW 1480
Потужність, кВт	305	341	390	468	533	611	813	962

